



FACULTAD DE MEDICINA. DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL BLOQUEO PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ

Tesis doctoral

D. Enrique Alday Muñoz

Directores:

D. Fernando Gilsanz Rodríguez.

D. Antonio Planas Roca.

Madrid, 13 de octubre de 2015

A mis padres, Enrique y Elena, por su amor y por cultivar mi vocación para ser médico.

A Ana por su amor, paciencia y comprensión.

A Jimena, a Telmo y a Jaime, por darle sentido a las cosas.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Fernando Gilsanz Rodríguez, por su vocación docente y por ser mi primer maestro en la especialidad.

Al Dr. Antonio Planas Roca, por ser mi referencia profesional y por su dedicación para el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Manuel Muñoz Rodríguez, por su paciencia y disposición para enseñarme ecografía pulmonar y por su amistad.

Al Servicio de Cirugía Torácica y al personal de quirófano del Hospital Universitario La Princesa, por el interés mostrado durante la realización del trabajo de campo de este estudio.

Al Servicio de Anestesiología y Reanimación del Hospital Universitario La Princesa y sus residentes, por ayudarme a disfrutar trabajando.

A los residentes externos, rotantes en anestesia para cirugía torácica, por su interés y por su colaboración en la realización de este estudio.

INDICE

ABREVIATURAS	19
INTRODUCCION	21
• HISTORIA DE LA VENTILACION UNIPULMONAR	
– Anestesia en cirugía torácica: el problema del neumotórax	23
– Ventilación con presión positiva	26
– Laringoscopia directa y tubos endotraqueales	27
– Ventilación selectiva unipulmonar	28
– Bloqueadores bronquiales	29
– Tubos de doble luz	30
– Fibrobroncoscopia	33
• VENTILACION UNIPULMONAR	
– Indicaciones de la ventilación unipulmonar	34
– Métodos para conseguir la ventilación unipulmonar	36
– Colocación y comprobación del tubo de doble luz izquierdo	39
• ECOGRAFIA PULMONAR EN ANESTESIA Y REANIMACION	
– Introducción	43
– Sistemática de la exploración pulmonar	45
– Patrones básicos de ecografía pulmonar	46
– Imagen ecográfica del bloqueo selectivo para ventilación unipulmonar	61
– Limitaciones de la ecografía pulmonar	63
JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	65
HIPOTESIS Y OBJETIVOS	71
MATERIAL Y METODOS	75
• Diseño	77
• Población y muestra	77
• Pruebas diagnósticas y definiciones	78
• Protocolo de estudio	79
• Análisis estadístico	85

INDICE

RESULTADOS	91
• Descripción de la población a estudio	93
• Tubos de doble luz	94
• Tasa de acierto en la colocación del tubo de doble luz izquierdo y tasa de malposiciones	95
• Variable principal: Validez de la ecografía pulmonar para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo	96
• Variables secundarias	98
DISCUSION	103
• Validez y utilidad de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI	105
• Validez y utilidad de la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI	107
• Tasa de malposiciones	110
• Comparación de la ecografía pulmonar frente a la auscultación para comprobar la correcta colocación de los TDLI	111
• Aplicabilidad de la ecografía pulmonar en la práctica habitual para confirmar la correcta colocación del TDLI	114
• Limitaciones del estudio	117
CONCLUSIONES	119
BIBLIOGRAFIA	123
CONFLICTO DE INTERESES	135
ANEXOS	139
• Hoja de información al paciente y consentimiento informado	143
• Cuaderno de recogida de datos (CRD)	151
• Aprobación del estudio por el Comité Etico de Investigación Clínica (CEIC)	155

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

DS	Desviación estándar
2D	Dos dimensiones
ECO	Ecografía
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
E	Especificidad
FBC	Fibrobroncoscopia
Fig	Figura
F	French
IMC	Indice de masa corporal
IC	Intervalo de confianza
IOT	Intubación orotraqueal
LSD	Lóbulo superior derecho
LSI	Lóbulo superior izquierdo
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercurio
Opos	Odds postprueba
Opre	Odds preprueba
pO ₂	Presión parcial de oxígeno en sangre
Prpos	Probabilidad postprueba
Prpre	Probabilidad preprueba
PI	Proyecto de investigación
Rx	Radiografía
S	Sensibilidad
Sd	Síndrome

ABREVIATURAS

SDRA	Síndrome de distrés respiratorio del adulto
TC	Tomografía computerizada
TDL	Tubo de doble luz
TDLD	Tubo de doble luz derecho
TDLI	Tubo de doble luz izquierdo
VPN	Valor predictivo negativo
VPP	Valor predictivo positivo

INTRODUCCION

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

INTRODUCCION

HISTORIA DE LA VENTILACION UNIPULMONAR

Anestesia en cirugía torácica: el problema del neumotórax

El 16 de Octubre de 1846, William T. Morton realizó la primera demostración pública de una anestesia general en el Massachusetts General Hospital, Boston (EEUU). Desde entonces, se han venido produciendo numerosos avances en la práctica de la cirugía y la anestesia¹. Hasta casi la mitad del siglo XX la técnica de anestesia general más utilizada consistía en la administración de éter o cloroformo a través de una mascarilla facial, manteniendo la ventilación espontánea del paciente. Los cambios que se producían en el patrón respiratorio a lo largo del proceso quirúrgico determinaban también cambios en la administración de anestésico, ya que si el volumen respiratorio disminuía, también disminuía la inhalación de anestésico y viceversa, de forma que el propio paciente “regulaba” la profundidad anestésica según sus necesidades.

Este método de anestesia resultaba eficaz en pacientes con el tórax intacto, sin embargo las condiciones eran muy diferentes cuando se pretendía realizar cirugía intratorácica². En el momento en que el cirujano abría el tórax, el pulmón se colapsaba y se desplazaba, junto con el mediastino, hacia el hemitórax contra lateral. El movimiento de ese pulmón se volvía paradójico y “pendular”: se colapsaba en inspiración, transfiriendo aire hacia el pulmón contralateral (Imagen 1)³ y se expandía ligeramente durante la espiración.

La consecuencia era que, rápidamente, el paciente se volvía taquipneico y cianótico, por lo que el cirujano disponía de muy poco tiempo

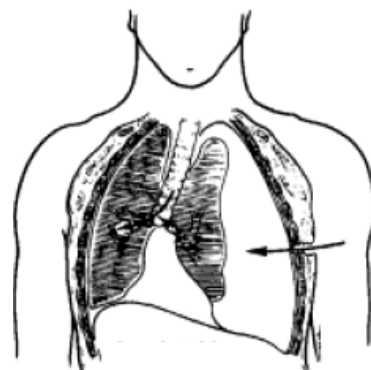


Imagen 1. Efecto del aire entrando en cavidad torácica sobre el mediastino durante la inspiración.

INTRODUCCION

para realizar la intervención quirúrgica ya que si no cerraba inmediatamente el tórax, el paciente moría con insuficiencia respiratoria y colapso cardiovascular².

El problema del neumotórax fue el mayor de los retos que debía ser superado para poder evolucionar en el desarrollo de la cirugía torácica e ir más allá de intervenciones limitadas a la pared del tórax o de la inserción de drenajes torácicos. Rudolph Matas describió la situación con la siguiente frase: *“mientras no se encuentre una solución al problema del colapso pulmonar producido por la apertura de la cavidad torácica, las analogías desde el punto de vista quirúrgico entre pleura y peritoneo, no existirán”*⁴.

Dos posibles soluciones al problema del neumotórax fueron propuestas en Berlín en 1904⁵. La primera de ellas por Von Mikulicz y Sauerbruch, quienes realizaron experimentación con animales, introduciéndolos en una cámara en la que se había generado una presión negativa a unos -10 cmH₂O, equivalente a la presión pleural, manteniendo la cabeza del animal fuera de la cámara. En estas condiciones, el animal era capaz de respirar y sus pulmones se mantenían expandidos a pesar de tener el tórax abierto. Sauerbruch llegó a realizar posteriormente toracotomías en pacientes utilizando este sistema. Así pues, la sala de operaciones se convertía en una especie de gran cavidad pleural, donde se había bajado la presión atmosférica por medio del vacío. La cabeza del paciente quedaba fuera, en contacto con la atmósfera, emergiendo de la cámara a través de un orificio con un rodete de goma para que aquella no perdiera la estanqueidad. De este modo el pulmón permanecería en estado de insuflación permanente. El encargado de administrar la anestesia permanecía obviamente fuera de la cámara. Hoy en día, a Ferdinand Sauerbruch se le considera como uno de los pioneros en cirugía torácica, fundador de la especialidad. Sin embargo, la cámara de

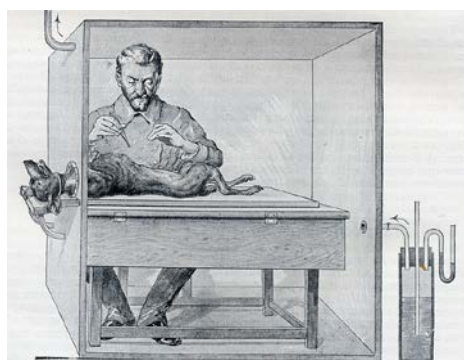


Imagen 2. Cámara de presión negativa de Sauerbruch.
Obtenida de Benumoff JL. History of anesthesia for
Thoracic surgery⁶

INTRODUCCION

presión negativa presentaba obvios inconvenientes: construcción laboriosa, imposibilidad de cambiar la posición del paciente, dificultad de comunicación con el anestesista y la reclusión en un estrecho espacio donde el calor hacía la estancia insostenible.

La segunda solución fue presentada por Leopold Brauer y era, fisiológicamente, opuesta a la anterior. Brauer introducía la cabeza del animal en una cámara en la que mantenía una presión positiva de unos 15 cmH₂O, dejando el resto del cuerpo fuera de la cámara, a presión ambiente. De esta forma se podía abrir el tórax, evitando el colapso pulmonar y manteniendo la ventilación espontánea⁵. Sin embargo,

esta técnica, en cierto modo precursora de algunos dispositivos modernos de aplicación de Presión Continua en la Vía Aérea (CPAP), también presentaba varios inconvenientes: no garantizaba la oxigenación del paciente, ni la eliminación de anhídrido carbónico (CO₂), además de interferir con el retorno venoso, provocando alteraciones hemodinámicas. Por otra parte, también, al llevarla a la práctica clínica, hacía muy difícil el acceso a la cabeza y a la vía aérea del paciente.

Finalmente, ninguno de estos dos métodos permitía independizar el pulmón sano del enfermo y, dado que la mayor parte de las intervenciones quirúrgicas de la época eran debidas a patología de origen infeccioso (empiema, tuberculosis), la contaminación de un pulmón a otro, resultaba inevitable.

A partir de 1930, varios acontecimientos determinaron el inicio del desarrollo definitivo de la cirugía torácica⁶. Por una parte, se describió la técnica quirúrgica de disección y ligadura individualizada de las estructuras del hilio pulmonar (bronquio, arteria y vena pulmonares), que permitiría la realización de resecciones pulmonares (neumonectomía, lobectomía...), estableciendo la base de la técnica quirúrgica actual⁷. Al mismo tiempo, se fueron desarrollando los componentes



Imagen 3. Cámara de presión positiva de Brauer
Obtenida de Benumoff JL. History of anesthesia for
Thoracic surgery⁶

INTRODUCCION

necesarios para resolver el problema del neumotórax: el laringoscopio, el tubo endotraqueal y la ventilación con presión positiva.

Ventilación con presión positiva

Los primeros dispositivos útiles para ventilar de forma manual con presión positiva fueron descritos por MacEwan, en Escocia en el año 1880. Se trataba de una serie de tubos metálicos, sin balón de neumotaponamiento, diseñados para ser introducidos en la tráquea, con el objeto de tratar situaciones de obstrucción de la vía aérea superior.



Imagen 4. Cánulas de O'Dwyer para la apertura de la glotis en pacientes pediátricos con difteria

En esos años, en Nueva York, un pediatra llamado Joseph O'Dwyer desarrolló un dispositivo similar con el que conseguía intubar, a ciegas, a niños con obstrucción glótica provocada por la difteria (Imagen 4)^{8,9}. A partir de ahí, George Fell, cirujano general en Nueva York, incorporó al dispositivo de O'Dwyer un fuelle que permitía ventilar a pacientes con apnea ocasionada por sobredosificación de anestésicos generales. Este nuevo aparato de Fell-O'Dwyer incluía un fuelle para administrar aire, un tubo metálico que se introducía en la tráquea, una válvula entre el fuelle y el tubo, un adaptador de goma para no dañar la tráquea en caso de movimiento del paciente y una conexión con el tubo endotraqueal que permitía quitar y poner los fuelles cuando fuera necesario⁷.

Pocos años después, en 1895, un cirujano francés, Theodore Tuffier, utilizó el tubo de O'Dwyer para ventilar pacientes con presión positiva durante intervenciones quirúrgicas torácicas¹⁰ y, casi al mismo tiempo, en 1898, Rudolph Matas, en Nueva Orleans, utilizó también la ventilación positiva mediante un aparato de Fell-O'Dwyer modificado para permitir la administración de cloroformo

INTRODUCCION

en la vía aérea, inicialmente en el tratamiento quirúrgico de pacientes con neumotórax traumático y posteriormente durante toracotomías¹¹. En 1899 Rudolph Matas escribió: *“El procedimiento más prometedor para prevenir el colapso durante intervenciones intratorácicas es la insuflación artificial del pulmón y el mantenimiento rítmico de la respiración artificial mediante un tubo en la glotis, conectado a un fuelle”*⁶.

Sin embargo, esta técnica, aunque muy prometedora, fue abandonada en los años siguientes debido a que, al tratarse de una intubación traqueal ciega, resultaba muy imprecisa, requería de una gran destreza para ser llevada a cabo con éxito y eran muchos los cirujanos que no se sentían seguros con ella. Será treinta años más tarde cuando la ventilación positiva se convertirá en la práctica estándar en la cirugía torácica.

Laringoscopia directa y tubos endotraqueales.

Los principios de la laringoscopia directa fueron descritos por Kirstein en 1895, quien diseñó un “autoscopio” para visualizar la laringe y la tráquea¹². Algunos años más tarde, en 1913, Jackson modificó los aparatos y técnicas descritas por Kirstein y desarrolló un laringoscopio que permitió la intubación traqueal bajo visión directa y la administración de una mezcla de éter y aire mediante insuflación intraqueal¹³.

Simultáneamente, durante la primera guerra mundial, los británicos Magill y Rowbotham, para realizar cirugía de reconstrucción facial, empezaron a utilizar tubos de goma que introducían en la tráquea, bien por vía oral o nasal, que todavía colocaban a ciegas¹⁴. Al igual que con el dispositivo de O'Dwyer, la técnica ciega dificultó su expansión por las limitaciones evidentes en destreza y aprendizaje. Fue el propio Magill, quien diseñó en 1920 un laringoscopio que ya permitió la inserción de tubos endotraqueales bajo visión directa. Posteriores desarrollos del mismo, llevaron al laringoscopio de Macintosh, introducido en 1943 y todavía utilizado en la actualidad¹⁵.

INTRODUCCION

Al desarrollo del laringoscopio, se sumaron los avances en el diseño de los tubos endotraqueales. En 1928 Guedel y Waters¹⁶ rodearon el tubo endotraqueal de goma descrito por Magill, con un balón inflable. Mediante el inflado del balón se conseguía un sellado traqueal que protegía al paciente del riesgo de aspiración gástrica y, además, permitía controlar de forma manual la ventilación mediante una bolsa o un fuelle. Así, el nivel de anestesia ya podía profundizarse y la ventilación espontánea ser eliminada durante la anestesia, consiguiendo la inmovilidad diafragmática completa.

El empleo de presión positiva y un nivel de anestesia capaz de producir apnea e inmovilidad diafragmática fueron la solución definitiva al problema del neumotórax durante la toracotomía.

Ventilación selectiva unipulmonar

Conseguida ya la intubación traqueal, el sellado de la misma con un balón de neumotaponamiento y el control manual de la ventilación, en el desarrollo de la cirugía torácica y, dada la elevada incidencia de enfermedades pulmonares infecciosas, quedaba por solucionar el problema de la contaminación del pulmón sano por secreciones o sangre procedente del pulmón enfermo.

En el año 1931, tres años después de la incorporación del balón inflable a los tubos endotraqueales, Gale et al. describieron la realización de la primera ventilación unipulmonar¹⁷. Para ello, utilizaron la laringoscopia directa para la intubación endotraqueal y, una vez conseguida, avanzaron el tubo endotraqueal para intubar de forma selectiva el bronquio principal del pulmón sano. Tras inflar el balón, sellando el bronquio principal, el pulmón sano podía ser ventilado y quedaba aislado. Las ventajas que aportaba la ventilación unipulmonar se convertirían en los pilares de la cirugía torácica moderna: proporcionar un campo quirúrgico inmóvil, evitar el colapso cardiovascular secundario al neumotórax y evitar la contaminación del pulmón contralateral.

INTRODUCCION

A partir de ese momento, la cirugía torácica evolucionó de forma rápida: en 1931, en Alemania, Nissen publicó la primera neumonectomía por bronquiectasias¹⁸. Graham publicó la primera neumonectomía por un tumor maligno en 1933¹⁹; y ese mismo año, en Japón, se publicó la realización de la primera esofaguectomía transtorácica²⁰.

Bloqueadores bronquiales

En la búsqueda de mejoras técnicas para consolidar la técnica de ventilación unipulmonar, Archibald, en 1935, describió el uso del primer bloqueador bronquial²¹.

Consistía en un catéter de goma con un balón inflable distal colocado en la entrada del bronquio principal del pulmón enfermo, comprobando su correcta colocación mediante radioscopia. Una vez colocado, el inflado del balón del bloqueador impedía la ventilación de dicho pulmón y mantenía en su interior la sangre y las secreciones. El pulmón sano se ventilaba a través de un tubo endotraqueal convencional colocado junto al bloqueador y permanecía aislado.

Un año más tarde, en 1936, Magill ideó un fibroscopio rígido²² que ya permitía colocar el bloqueador bronquial bajo visión directa. Pero, a pesar de ello, se necesitaba mucha experiencia para colocar un bloqueador bronquial correctamente y, con mucha frecuencia, se descolocaba durante el acto quirúrgico, más aún si se tiene en cuenta el hecho de que en aquella época se desconocía el uso de relajantes musculares, por lo que eran frecuentes los movimientos del paciente e incluso, los violentos accesos de tos durante la anestesia.

El avance de las técnicas anestésicas²³ y el posterior desarrollo del fibrobroncoscopio flexible, ya en los años 80, han permitido seguir utilizando y actualizando el diseño y funcionalidad de los bloqueadores bronquiales para conseguir eficazmente la ventilación unipulmonar. Aunque hasta no hace muchos años se han utilizado catéteres vasculares de Fogarty, catéteres de arteria pulmonar e incluso sondas urinarias, como bloqueadores bronquiales,

INTRODUCCION

afortunadamente en la actualidad disponemos de diferentes bloqueadores bronquiales, diseñados específicamente para su uso en ventilación pulmonar. En las Imágenes 5 y 6 se muestran algunos de los más habitualmente utilizados en la actualidad: Bloqueador de Arndt y el bloqueador de Cohen.

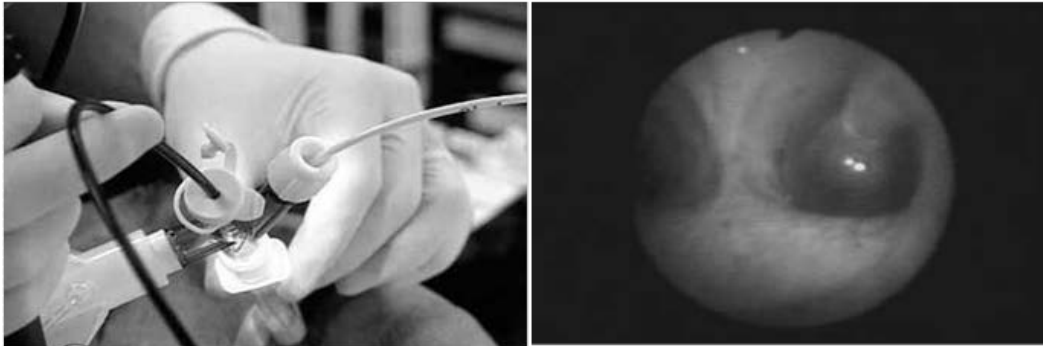


Imagen 5. Bloqueador de Arndt. El canal de tres luces permite una conexión para el bloqueador, otra para el fibroscopio y otra para el circuito de ventilación. A la derecha puede verse el bloqueador en el bronquio principal derecho. Tomado de Ramón Moreno . Manual CTO 1ªEd²⁴.

Tubos de doble luz

Aunque el uso de los bloqueadores bronquiales para conseguir la ventilación unipulmonar ha supuesto un gran avance en el desarrollo de la cirugía torácica, presentan varios inconvenientes. Uno de los más importantes es que no permiten una aspiración eficaz a su través, por lo que la sangre o secreciones se acumulan en el pulmón colapsado durante la cirugía, pudiendo contaminar el pulmón sano, especialmente al finalizar la intervención y reiniciar la ventilación bipulmonar. Esto hace que la búsqueda de un método mejor para garantizar la ventilación unipulmonar haya continuado.

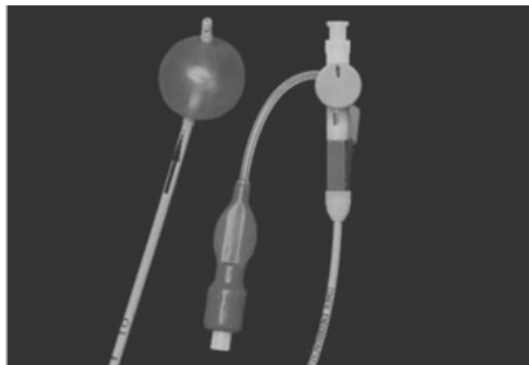


Imagen 6. Bloqueador de Cohen. En su extremo lleva una rueda para dirigir la punta hacia un lado u otro. Tomado de Ramon Moreno . Manual CTO 1ªEd²⁴..

INTRODUCCION

En 1936, casi al mismo tiempo que el desarrollo de los primeros bloqueadores, Rovenstine utilizó por primera vez un tubo endotraqueal con una única luz traqueal pero con dos balones inflables, que introducía, a ciegas, en el bronquio principal del pulmón sano. De esta forma cuando se inflaba únicamente el balón distal, se ventilaban ambos pulmones, mientras que si solo se inflaba el balón proximal, ubicado en la tráquea, se conseguía la ventilación unipulmonar, con colapso del pulmón enfermo a operar²⁵. El tubo endotraqueal modelo Univent²⁶, diseñado posteriormente en los años 80, representa en cierto modo, una versión moderna del tubo de Rovenstine. El tubo Univent tiene en su interior un fino canal que contiene un bloqueador bronquial. Este bloqueador puede avanzarse en cualquiera de los dos bronquios principales ayudándose de visión fibrobroncoscópica.

En 1949, Eric Carlens, un fisiólogo clínico, diseñó en Estocolmo, Suecia, el primer tubo de doble luz izquierdo con la intención de hacer broncoespirometrías independientes en cada pulmón²⁷. Se trataba de un dispositivo formado por dos tubos de diferente longitud, pero unidos entre sí, y cada uno de ellos con su balón de neumotaponamiento inflable. Una vez introducido el tubo de doble luz en el árbol respiratorio, el más corto de los dos tubos quedaba alojado en la tráquea, mientras que el más largo se introducía en el bronquio principal izquierdo. Cuando el balón del tubo traqueal se inflaba, ambos pulmones podían ventilarse, mientras que cuando se inflaba el balón del tubo colocado en el bronquio izquierdo, se podía ventilar un pulmón, el otro o ambos, en función de si se ocluía o no la entrada de aire del pulmón que deseaba aislarse.

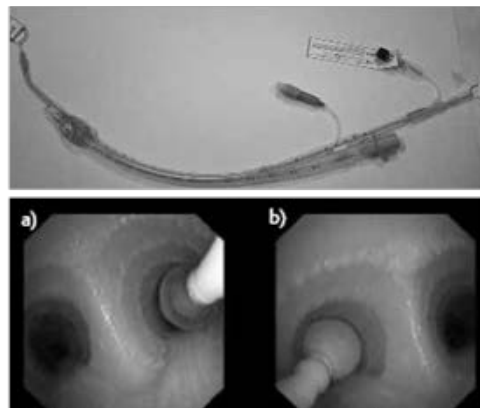


Imagen 7. Tubo univent con el bloqueador introducido por el canal. Debajo puede verse el bloqueador en bronquio derecho (a) e izquierdo (b) Tomado de Ramon Moreno . Manual CTO 1ªEd²⁴..

INTRODUCCION

En 1950, Bjork utilizó el tubo de doble luz izquierdo de Carlens durante la realización de una cirugía intratorácica, para conseguir la ventilación unipulmonar²⁸.

El tubo de Carlens disponía de un gancho que se anclaba en la carina, destinado a facilitar su colocación a ciegas y evitar su posterior movilidad y desplazamiento (Imagen 8). Este gancho podía provocar lesiones traqueales graves, por lo que, en el año 1959, Bryce-Smith describió un tubo de doble luz izquierdo similar al de Carlens pero sin gancho carinal²⁹. Un año más tarde, Bryce-Smith³⁰ y White³¹ describieron el tubo de doble luz derecho y, finalmente en 1962, se describió el tubo de doble luz de Frank Robertshaw³², sin gancho carineal, de mayor diámetro interno y con una ligera curvatura para facilitar su inserción. Los tubos de doble luz utilizados hoy en día, de un solo uso, fabricados en materiales plásticos, con paredes más finas para reducir la resistencia al flujo aéreo y equipados con balones de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión mantienen, en esencia, el diseño de Robertshaw.

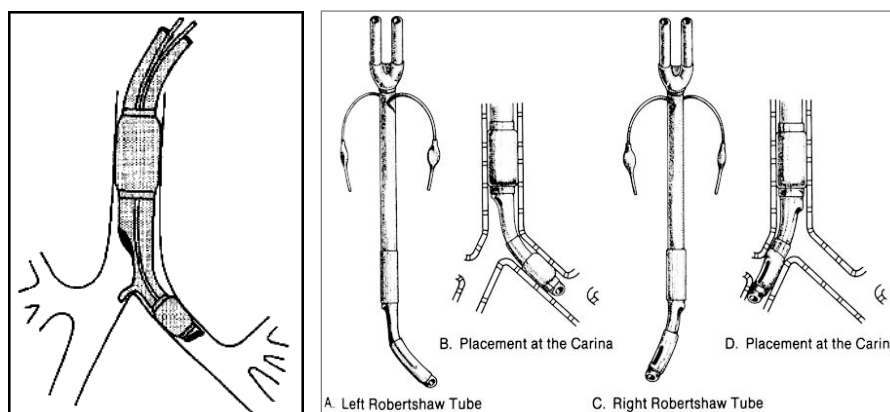


Imagen 8. Tubo de Carlens (izda.) con el gancho carinal. A la derecha esquema de la modificación de Robertshaw al eliminar el gancho para tubos izquierdos (A) y derechos (C).³²

Los tubos de doble luz permiten la ventilación unipulmonar con presión positiva de forma eficaz y aseguran el aislamiento pulmonar protegiendo al pulmón sano de la aspiración de material procedente del pulmón enfermo, por lo que representan en la actualidad el estándar para la realización de cirugía torácica con ventilación unipulmonar.

INTRODUCCION

Fibrobroncoscopia

La fibrobroncoscopia óptica flexible se incorporó a la práctica clínica, con fines diagnósticos, en los años 70 del pasado siglo pero no fue hasta los años 80 cuando se empezó a utilizar en cirugía torácica para comprobar la adecuada colocación del tubo de doble luz³³. Hasta ese momento, la comprobación de la colocación de un tubo de doble luz se hacía mediante auscultación. La introducción de un fibrobroncoscopio flexible pediátrico, de diámetro inferior a 4.5 mm, a través de la luz traqueal del tubo de doble luz, permitió comprobar que la tasa de mal posiciones tras su colocación a ciegas, incluso por anesthesiólogos muy experimentados, era desde el 48%³⁴ hasta el 78%³⁵ de los casos. Por este motivo, desde entonces y hasta la actualidad, el uso del fibrobroncoscopio flexible se ha convertido en práctica habitual en la colocación y comprobación de los tubos de doble luz, simplificándola y haciéndola más eficaz. La fibrobroncoscopia representa el método más fiable y de referencia para comprobar la correcta posición de los tubos de doble luz, así como para diagnosticar las malposiciones y guiar su recolocación.

Además, la fibrobroncoscopia no solo puede utilizarse para comprobar la posición del tubo de doble luz, sino para valerse de ella desde el primer momento de la introducción del tubo bajo la glotis, guiando su avance por la tráquea, bajo visión directa, hasta su posición definitiva³⁶. La colocación de los tubos de doble luz bajo visión fibrobroncoscópica reduce el riesgo de trauma en la vía aérea secundario a la manipulación a ciegas y puede reducir la morbilidad asociada a la hipoxemia secundaria durante la ventilación unipulmonar provocada por las malposiciones.

Todas estas razones han convertido al fibrobroncoscopio en el “patrón oro” para asegurar en el 100% de los casos la correcta colocación de un tubo de doble luz y la estanqueidad del mismo³⁷.

VENTILACION UNIPULMONAR

La ventilación unipulmonar representa la base sobre la que se construye la cirugía torácica moderna ya que, como se ha visto, representa la solución al problema original del neumotorax. La ventilación unipulmonar es en la actualidad una técnica que se aplica en cirugía torácica, no solo pulmonar, sino también en cirugía torácica vascular o esofágica y puede tener, además, indicaciones en pacientes no quirúrgicos, críticos, con patología unipulmonar que pudieran requerir ventilación mecánica diferencial.

El objetivo principal de la ventilación unipulmonar es interrumpir la ventilación en un pulmón o en un segmento de éste, proporcionando un campo quirúrgico inmóvil y evitando la contaminación del pulmón contralateral³⁸.

Indicaciones de la ventilación unipulmonar

Desde que Benumof describiera las indicaciones de la ventilación unipulmonar en cirugía torácica, éstas se han ido adaptando a la evolución de la especialidad, sobre todo en cuanto a la introducción de la cirugía videotoracoscópica se refiere. Tradicionalmente, las indicaciones de ventilación unipulmonar se han clasificado en absolutas y relativas, pudiendo ser éstas últimas de alta, moderada o de baja prioridad³⁹ (Tabla 1)

TABLA 1. Indicaciones de la ventilación unipulmonar

Indicaciones absolutas:

Aislamiento del pulmón para evitar la contaminación:

- Infección
- Hemoptisis masiva

Ventilación selectiva:

- Videotoracosopia
- Fístula broncopleurál
- Cirugía bronquial
- Bulla gigante unilateral
- Rotura del árbol traqueobronquial
- Hipoxemia crítica causada por enfermedad pulmonar unilateral

Lavado broncopulmonar unilateral:

- Proteinosis alveolar pulmonar

Indicaciones relativas:

Alta prioridad:

- Neumonectomía
- Resección pulmonar por esternotomía
- Lobectomía superior
- Exposición mediastínica
- Aneurisma de aorta torácica

Moderada y baja prioridad:

- Lobectomías medias e inferiores
- Resecciones segmentarias y subsegmentarias
- Esofaguectomía
- Cirugía de escoliosis
- Hipoxemia severa causada por enfermedad unilateral

(Modificado de Benumoff JL Ed. *Anesthesia for Thoracic Surgery*³⁹)

INTRODUCCION

Algunos autores, para establecer las indicaciones de ventilación unipulmonar en cirugía torácica, prefieren hablar de:

1. **Aislamiento pulmonar** cuando se trata de proteger el pulmón contralateral del paso de sangre, infección, etc. Este grupo de indicaciones incluiría muchas de las consideradas clásicamente como indicaciones absolutas de ventilación unipulmonar: infección, hemoptisis masiva, fístula broncopleural, lavado broncopulmonar unilateral...
2. **Separación pulmonar** cuando se trata de mejorar la exposición quirúrgica. Este grupo de indicaciones incluiría muchas de las consideradas clásicamente como indicaciones relativas: lobectomías, resecciones pulmonares...

Métodos para conseguir la ventilación unipulmonar

Para conseguir la ventilación unipulmonar, es necesario emplear algún método que anatómicamente independice un pulmón del otro. Como se ha visto en la descripción histórica precedente, en esencia, existen dos tipos de dispositivos destinados a tal fin:

1. Bloqueadores bronquiales

Entre ellos se incluyen aquellos bloqueadores que ya van insertados en un tubo endotraqueal de una sola luz (Univent) y aquellos que se utilizan introduciéndolos a través de un tubo endotraqueal estándar.

La principal ventaja de los bloqueadores bronquiales es su colocación a través de un tubo traqueal de una sola luz, más fácil de colocar que un tubo de doble luz, por lo que su indicación principal es en situaciones de dificultad de intubación. Otra ventaja es el poder utilizarlos en situaciones en las que sea necesario bloquear selectivamente un único lóbulo pulmonar. Finalmente, ya que los bloqueadores bronquiales pueden introducirse y retirarse a través de un tubo, pueden ser utilizados para ventilación unipulmonar en pacientes ya intubados, sin necesidad de cambiar el tubo endotraqueal.

INTRODUCCION

Su mayor desventaja radica en la lentitud de vaciado pulmonar y dificultad de aspiración a su través, lo que enlentece el colapso pulmonar³⁹.

Los bloqueadores bronquiales más frecuentemente utilizados son el de Ardnt, y el de Cohen. Se emplean a través de tubos endotraqueales convencionales y se insertan con la ayuda del fibrobroncoscopio. Sus indicaciones específicas son las siguientes⁴⁰:

- Intubación de secuencia rápida.
- Vía aérea difícil conocida y desconocida.
- Intubación nasotraqueal
- Adultos de poco peso o poca talla
- Ventilación lobar selectiva
- Paciente crítico ya intubado
- Hemoptisis
- Trauma torácico.

2. Tubos de doble luz

El tubo de doble luz es el dispositivo más habitualmente utilizado durante la ventilación unipulmonar y el único que garantiza el aislamiento pulmonar completo. Actualmente los tubos de doble luz comercializados son desechables, fabricados en materiales plásticos, de diferentes tamaños (28-41 F) y con un diseño basado en el modelo de Robertshaw. Existen dos tipos, derecho e izquierdo, para adaptarse a las diferencias anatómicas entre el bronquio principal derecho y el izquierdo.

Así, la rama bronquial del tubo de doble luz derecho tiene un orificio lateral que, tras su inserción en el bronquio principal, debe hacerse coincidir con la salida del bronquio lobar superior, para permitir su ventilación. Esto dificulta su colocación, por lo que la práctica más extendida es la utilización de tubos de doble luz izquierdo en la inmensa mayoría de procedimientos que requieran ventilación

INTRODUCCION

unipulmonar⁴¹, salvo indicaciones específicas para el uso de un tubo de doble luz derecho, entre las que se encuentran sobre todo³⁷:

- Tumor intraluminales o que compriman el bronquio principal izquierdo.
- Malformaciones anatómicas del bronquio primarias o secundarias a aneurismas vasculares.
- Neumonectomía izquierda.
- Trasplante pulmonar izquierdo.
- Rotura traqueobronquial izquierda.
- Paciente portador de stent en bronquio principal izquierdo

Uno de los aspectos más importantes para reducir el riesgo de mal posiciones y de iatrogenia durante la inserción de un tubo de doble luz, es la elección de un tamaño adecuado al paciente⁴². Brodsky et al. publicaron en 1996 un trabajo en el que basaban la elección del tamaño del tubo en la medida del diámetro traqueal a nivel de la clavícula en la radiografía pósterio-anterior de tórax. Otros estudios han utilizado el diámetro del bronquio principal izquierdo medido en la Tomografía Axial Computarizada.

Las recomendaciones para la elección del tubo de doble luz de tamaño adecuado, de estos estudios se recogen en la siguiente tabla^{43, 44, 45}. (Tabla 2)

Diámetro traqueal (mm)	Diámetro bronquial (mm)	Tamaño del tubo de doble luz izquierdo (F)
>18	≥ 12	41
≥ 16	12	39
≥ 15	11	37
≥ 14	10	35
≥ 12,5	< 10	32
≥ 11	No estudiado	28
No estudiado	No estudiado	26
<i>Tabla 2. Recomendaciones para la elección del tamaño del TDLI basado en el diámetro bronquial o traqueal.</i>		

INTRODUCCION

Colocación y comprobación del tubo de doble luz izquierdo.

Las técnicas para colocar y confirmar la correcta colocación de un tubo de doble luz se han mantenido prácticamente invariables a lo largo de los años.

En la técnica ciega, el tubo de doble luz izquierdo se introduce en la tráquea mediante laringoscopia directa y, una vez que los dos balones de neumotaponamiento han pasado la glotis, se gira 90° hacia la izquierda (en el sentido contrario a las agujas del reloj) avanzando hasta que se percibe un cambio de resistencia, momento en el que la rama distal del tubo alcanza el bronquio. Es aconsejable detener la progresión del tubo cuando la marca de 29 cm llega al borde de la arcada dentaria (para pacientes de aproximadamente 170 cm de altura)^{46,47}. (Imagen 9).

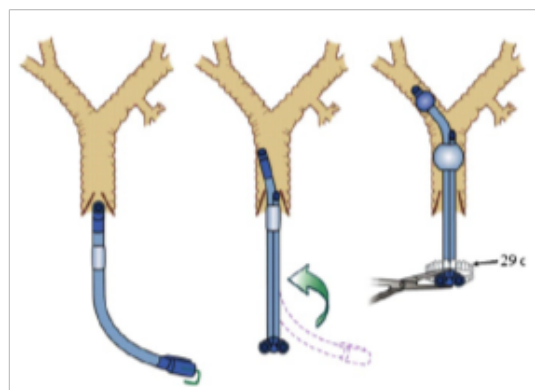


Imagen 9. Tras pasarla glotis se gira el tubo 90° en el sentido de la agujas del reloj y se progresa sin pasar de 29 cm desde la comisura labial

Por otra parte, en la técnica guiada por fibrobroncoscopio el tubo se introduce igualmente en la tráquea mediante laringoscopia directa y, una vez que los dos balones de neumotaponamiento han pasado la glotis, se introduce el fibrobroncoscopio flexible a través de la luz traqueal hasta visualizar la carina y el bronquio principal izquierdo. Al avanzar el tubo hasta su ubicación definitiva se mantiene la visión de estas estructuras, lo que debería redundar en mayor precisión en la colocación y menor riesgo de iatrogenia. Sin embargo, ningún estudio ha demostrado superioridad de una técnica sobre otra para la colocación del tubo de doble luz izquierdo⁴⁸.

INTRODUCCION

Confirmar la colocación adecuada de un tubo de doble luz izquierdo sigue siendo un reto y, a pesar de que se han probado diferentes técnicas, en la actualidad solo dos son clínicamente relevantes: la auscultación y la fibrobroncoscopia⁴⁹.

La posición final considerada ideal de un tubo de doble luz izquierdo es aquella en la que la visión fibrobronoscópica permite ver, desde la luz traqueal, que el balón de neumotaponamiento de la rama bronquial izquierda está totalmente inflado, con no más de 3 ml de aire, y se localiza en el bronquio principal izquierdo, 5-10 mm por debajo de la carina traqueal. (Imagen 10)⁴⁷. Una vez confirmada esa imagen, se introduce el fibrobronoscopio por la rama bronquial del tubo de doble luz izquierdo identificando las salidas de ambos bronquios lobares izquierdos: superior e inferior³⁷.

La confirmación debe realizarse en decúbito supino y repetirse tras la colocación del paciente en decúbito lateral.

Con respecto a la auscultación, se han realizado estudios para determinar su validez como método de comprobación de la posición óptima del tubo de doble luz, comparándola con la fibrobroncoscopia como prueba de referencia. Alliaume et al⁵⁰ encontraron que, tras considerar el tubo correctamente colocado mediante auscultación, la comprobación fibrobronoscópica determinó que el 78% de los tubos de doble luz izquierdos y el 83% de los derechos precisaban ser recolocados. Por su parte, Klein et al⁵¹ en un estudio similar realizado en 200 pacientes, encontraron mal posiciones en el 35% de los casos.

A pesar de esto, la auscultación pulmonar sigue siendo un método ampliamente utilizado para confirmar la correcta posición del tubo de doble luz y ha sido durante años prácticamente el único disponible^{52,53}. En la actualidad, la comprobación de la posición de un tubo de doble luz mediante auscultación sigue siendo recomendada previa a la confirmación mediante fibrobroncoscopia³⁷.

INTRODUCCION

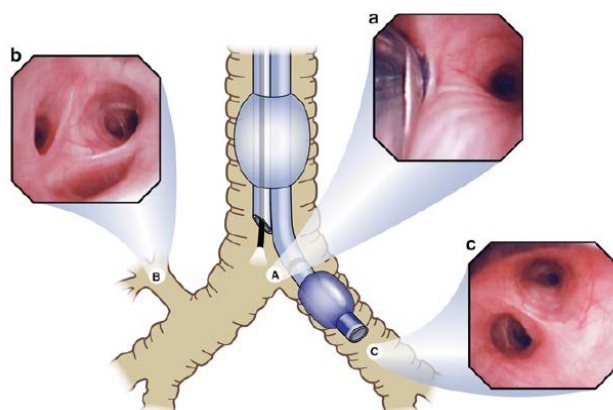


Imagen 10. Visión fibroscópica de la carina con la rama bronquial en bronquio principal izquierdo (a), la entrada del bronquio del lóbulo superior derecho (b) y la carina secundaria con la entrada de los bronquios lobares superior e inferior izquierdos (c).

En nuestro medio, la secuencia de comprobación por auscultación de la posición de un tubo de doble luz izquierdo y la identificación de las posibles mal posiciones (Imágenes 11-14), se muestra en el siguiente algoritmo⁴⁵ (Imagen 15).

INTRODUCCION

1. Introducción TDL (izquierdo)
2. Inflado del balón traqueal. Ventilación bipulmonar
3. Auscultación

Izdo.	Dcho.	Situación del TDL	Figura	Conducta a seguir
+	+	OK	11	Paso nº 4
+	-	TDL muy progresado	12	Retirar 2-3 cm Paso nº 2
-	+	TDL muy progresado e invertido	-	Retirar TDL Paso nº 1
-	-	Probable intubación esofágica	-	Retirar TDL Paso nº 1

4. Inflado del manguito bronquial
5. Clampaje de la luz bronquial, ventilación por la traqueal
6. Auscultación

Izdo.	Dcho.	Situación del TDL	Figura	Conducta a seguir
-	+	OK	11	Paso nº 7
+	+	1. TDL muy fuera y balón poco inflado	-	1. Introducir 2-3 cm e inflar ok balón Paso nº 5
		2. TDL ok pero balón poco inflado y/o tubo pequeño	-	2. Inflar ok balón/valorar cambiar de tubo
+	-	TDL invertido (bronquio dcho)	13	Retirar TDL Paso nº 1
-	-	TDL muy fuera con balón bronquial obstruyendo la tráquea	14	Desinflar balón Comprobar ++. Introducir 2-3 cm Paso nº 4

7. Desdampaje de la luz bronquial
8. Clampaje de la luz traqueal, ventilamos por la bronquial
9. Auscultación

Izdo.	Dcho.	Situación del TDL	Figura	Conducta a seguir
+	-	OK	11	Colocación paciente
+/-	-	TDL demasiado introducido, tapando lóbulo superior izdo.	12	Retirar TDL 1-2 cm Paso nº 8

Imagen 15. Algoritmo para colocar el TDL guiado por la auscultación.

INTRODUCCION



Imagen 11. TDLI bien colocado



Imagen 12. TDLI muy progresado



Imagen 13. TDLI invertido

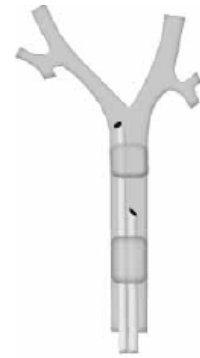


Imagen 14. TDLI poco progresado

ECOGRAFIA PULMONAR EN ANESTESIA Y REANIMACION.

Introducción.

Durante años se ha considerado a la ecografía pulmonar como un método válido solo para el estudio de la patología pleural, sin embargo la introducción del concepto de "ventana ecográfica" y el estudio de las características de los artefactos generados por la interacción pulmón-ultrasonido está cambiando esta apreciación.

Actualmente la ecografía pulmonar se revela como una herramienta de inestimable valor en el diagnóstico de la patología pulmonar, sobre todo en pacientes en los que la radiología convencional es poco útil y/o en aquellos pacientes en los que la realización de un TAC es imposible o desaconsejada, tal es el caso de los pacientes ingresados en unidades de cuidados críticos⁵⁴.

Se ha demostrado que la sensibilidad y especificidad de la ecografía pulmonar en el diagnóstico de patología pulmonar asociada en enfermos con SDRA es muy superior a la radiología convencional, situándose a un nivel parecido a la capacidad diagnóstica del TAC en este grupo de enfermos⁵⁵. La ecografía pulmonar ha

INTRODUCCION

demostrado su valía en el diagnóstico de las consolidaciones alveolares, en el derrame pleural y en el diagnóstico del neumotórax, y se ha incorporado a los estudios del paciente politraumatizado.

En los últimos años está cobrando cada vez más relevancia el estudio de los artefactos generados por los ultrasonidos en la exploración pulmonar de los pacientes con patología intersticial, mostrándose en este campo como una gran ayuda para el diagnóstico y seguimiento de estos enfermos. Otras de las ventajas atribuibles a la exploración ecográfica son: ser una prueba no invasiva, la posibilidad de realizar la exploración en la cabecera del enfermo, la reducción de costes y la ausencia de radiación durante la exploración.

El principal inconveniente de la ecografía en la evaluación pulmonar es la necesidad de que el paciente presente una "ventana ecográfica". En condiciones normales el aire presente en los pulmones actúa como una auténtica barrera a la penetración de los ultrasonidos, reflejándolos casi en su totalidad, sin embargo cuando una lesión sólida se extiende hasta contactar con la pleura (como por ejemplo en la atelectasia), ó cuando existe líquido subpleural (como en el derrame pleural), la no existencia de aire bajo este espacio subpleural permite el paso de los ultrasonidos posibilitando el estudio de estructuras subyacentes, es la llamada "ventana ecográfica". Por lo tanto no serán visibles por ecografía aquellas lesiones que no contacten con la pleura (lesiones centrales) ni aquellas que aun contactando con la pleura presentan aire en dicho contacto (hidroneumotórax).

La presencia de calcio ó estructuras óseas constituye al igual que el aire otra barrera al paso de los ultrasonidos, esto provoca que bajo estas estructuras no se transmitan los ultrasonidos y por lo tanto no puedan obtenerse imágenes, creándose la denominada "sombra acústica". La presencia de una sombra acústica bajo las costillas es una limitación parcialmente soslayada por el movimiento pulmonar durante el ciclo respiratorio, exponiéndose al haz de ultrasonidos durante este movimiento zonas ocultas bajo la sombra acústica, sin embargo en pacientes con movilidad pulmonar reducida, tales como en los casos de SDRA en ventilación

INTRODUCCION

mecánica, la presencia de una sombra acústica es una importante limitación para evaluar la extensión longitudinal de una lesión subpleural.

Por último, hay que tener presente el compromiso entre resolución y profundidad de exploración. La resolución es la capacidad de discernir dos puntos muy próximos como separados y es directamente proporcional a la frecuencia del haz de ultrasonidos emitido, de esta forma obtendremos imágenes con una gran nitidez utilizando sondas de ecografía que emitan ultrasonidos de alta frecuencia (13-15 MHz), sin embargo la absorción de un ultrasonido también es directamente proporcional a la frecuencia, de forma que al utilizar ultrasonidos de alta frecuencia tan solo podremos explorar zonas situadas a escasos centímetros bajo la pleura. Para una correcta evaluación ecográfica pulmonar necesitamos al menos una profundidad de exploración de unos 20-25 cm. y por lo tanto la resolución de las imágenes obtenidas no siempre será la óptima⁵⁵.

Sistemática de la exploración pulmonar.

La elección de la sonda de exploración ecográfica es tal vez el punto más importante para una correcta evaluación ecográfica pulmonar. Debido al conflicto existente entre resolución y penetración es importante elegir la sonda adecuada a la patología que se desee explorar en el paciente. De forma que en la valoración de patología pleural es fundamental una sonda de alta resolución, esto se consigue con sondas cuyo rango de emisión está en torno a los 10-15 MHz, la contrapartida es una escasa profundidad de exploración, situándose esta en torno a los 6 cm de profundidad.

Por el contrario para el estudio de la patología pulmonar el factor más importante no es la resolución, sino la profundidad de exploración, necesitándose una profundidad de exploración de aproximadamente 25 cm, esta profundidad se consigue con sondas cuyo rango de frecuencia se sitúa en torno a los 5 MHz.

INTRODUCCION

Existen varios protocolos para la exploración transtorácica con ecografía pulmonar, la mayoría de los protocolos identifican tres áreas de exploración⁵⁶.

El área anterior comprende el espacio delimitado entre el esternón (medial), la línea axilar anterior (lateral), la clavícula (craneal) y el diafragma (caudal). Esta área se subdivide a su vez en dos zonas, una superior y otra inferior, la separación entre ambas zonas se realiza a través de una línea que pasa a nivel del hilio pulmonar. Ambas zonas, superior e inferior pueden a su vez subdividirse en cuadrantes, trazando una línea que pasa por la zona media de la clavícula.

El área lateral comprende el espacio delimitado por la línea axilar anterior (medial), línea axilar posterior (lateral), axila (craneal) y diafragma (caudal). De nuevo el área puede subdividirse en dos zonas, superior e inferior a nivel del hilio pulmonar.

El área posterior comprende el espacio delimitado por la línea axilar posterior (lateral), línea paravertebral (medial), borde del trapecio (craneal) y diafragma (caudal). En este caso es posible subdividir el área posterior en tres zonas, superior, media e inferior correspondientes a la cara posterior de los lóbulos superior, medio e inferior. Es importante anotar que la exploración posterior del lóbulo superior es siempre incompleta por la interposición de la escápula.

Patrones básicos de Ecografía Pulmonar

La ecografía torácica se basa en el reconocimiento de una serie limitada de patrones:

Pulmón normal.

La sonda emite un haz de ultrasonidos que será reflejado en su mayoría por estructuras como el aire y el hueso (que aparecen como blanco brillante y no permiten visualizar otras estructuras que estén detrás de ellas), y transmitido en su

INTRODUCCION

mayoría por el líquido (derrame pleural, sangre), que aparece como negro porque no refleja prácticamente nada los ultrasonidos. En un grado intermedio (gris con textura de órgano sólido) aparecerán estructuras como el bazo, el hígado, o el pulmón en caso de que no tenga aire en su interior (neumonía, atelectasia).

La ecografía supone un estudio dinámico, no una imagen estática, por lo que el movimiento de las estructuras puede orientarnos hacia su origen. Así, las estructuras relacionadas con el corazón o los vasos pueden mostrar un movimiento pulsátil, y estructuras como el diafragma mostrarán un movimiento cíclico relacionado con la respiración.

El primer paso dentro de la exploración ecográfica del pulmón es la correcta alineación de la sonda, esto se consigue colocando la sonda en un espacio intercostal en sentido perpendicular al trayecto de las costillas (plano sagital), de tal forma que en la imagen aparezca un espacio intercostal delimitado por sección transversal de las costillas superior e inferior de dicho espacio. Las costillas son dos estructuras fácilmente identificables en la ecografía, cada una de ellas se muestra como una línea hiperecoica que deja bajo ella una sombra acústica, esta sombra indica la ausencia del paso de ultrasonidos bajo la costilla, esto es debido a la reflexión del ultrasonido y sobre todo a la gran absorción que se produce en las estructuras óseas.

Aproximadamente a 0,5 cm. bajo la línea que une los bordes anteriores (superiores en la imagen) de las costillas se encuentra la denominada línea pleural, esta línea hiperecoica representa la pleura visceral y parietal, y puede verse desdoblada cuando se utilizan sondas de alta frecuencia. La línea que se forma de la unión del borde superior de las costillas con la línea pleural es el denominado "signo del murciélago", llamado así por su semejanza con un murciélago con las alas desplegadas volando hacia el observador. (Imagen 16)

INTRODUCCION

Bajo la línea pleural se encuentra el parénquima pulmonar, el gran cambio de impedancia a nivel de la unión pleuropulmonar ocasiona que en un pulmón aireado se refleje aproximadamente el 99% del ultrasonido cuando el pulso de ultrasonidos pasa de la pleura a la superficie del pulmón, esto ocasiona que no sea posible la visualización directa de zonas aireadas del pulmón. Sin embargo y gracias a este reflejo se genera un artefacto, el haz de ultrasonidos que se ha reflejado posee una intensidad tan elevada que es capaz de reflejarse en la propia superficie del transductor, entrando de nuevo en la zona de exploración y llegando de nuevo a la unión pleuropulmonar donde se reflejará de nuevo, repitiéndose este proceso hasta que la intensidad del pulso sea lo suficientemente pequeña como para no reflejarse en el transductor.

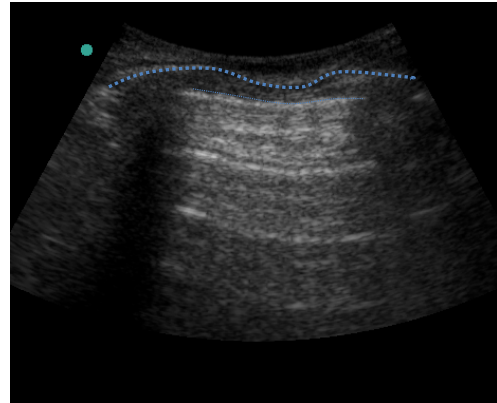


Imagen 16. Signo del murciélago formado por las costillas y la línea pleural (línea azul)

El proceso simplificado de formación de la imagen en este caso es como sigue³⁹:

1. El transductor emite un pulso de ultrasonidos y tras la emisión entra en modo de recepción.
2. El pulso llega a la unión pleural y es reflejado casi en su totalidad.
3. El eco generado llega al transductor, el transductor calcula el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y la recepción del primer eco (t_1), asumiendo la velocidad de propagación constante de 1540 m/s, el equipo de ecografía calcula la distancia de la estructura que ha generado el eco (d_1) y la sitúa en la pantalla.
4. El eco se refleja en el transductor y vuelve hacia la zona de exploración. Al llegar a la unión pleuropulmonar el eco se refleja de nuevo volviendo al transductor.

INTRODUCCION

5. El transductor que sigue en modo de recepción detecta un segundo eco, el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y la recepción de este segundo eco (t_2) es por lo tanto $2 \times t_1$, consecuentemente al calcular la distancia a la que teóricamente se ha generado el eco, el equipo de ecografía sitúa en la pantalla una imagen fantasma, paralela a la pleura y a una distancia $2 \times d_1$.
6. El proceso se repite.

A este tipo de artefacto se le denomina artefacto de reverberación, y en ecografía pulmonar se le conoce como línea A. (Imagen 17) Por lo tanto, la presencia de líneas A en la imagen bidimensional indica "aire bajo la pleura".

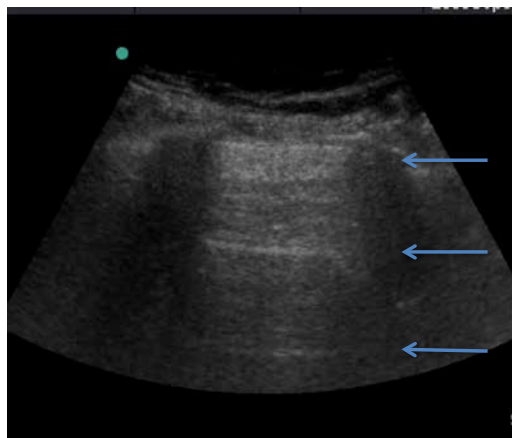


Imagen 17. Las flechas señalan las líneas A

A pesar de la gran reflexión, parte del ultrasonido continua transmitiéndose generando una imagen de aspecto granular bajo la línea pleural. Cuando se observa en tiempo real es posible apreciar el desplazamiento pulmonar sincrónico con el ciclo respiratorio, este desplazamiento puede objetivarse en la exploración ecográfica en modo M, dando lugar al denominado "signo de la bahía". (Imagen 18). En el modo M se representan los cambios a lo largo del tiempo en la zona que atraviesa un haz de ultrasonidos, al representar gráficamente estos cambios pueden verse dos zonas claramente diferenciadas. La zona superior corresponde a estructuras inmóviles, tales como la piel, tejido celular subcutáneo y músculos intercostales, esta zona aparece en el modo M como una sucesión de líneas. La zona inferior por el contrario se corresponde con estructuras móviles y por lo tanto tiene un aspecto granulado.

INTRODUCCION

La exploración ecográfica de un pulmón normal comprende por lo tanto la existencia de dos signos: La presencia de líneas A en la imagen bidimensional y la presencia del signo de la bahía en la exploración en modo M.

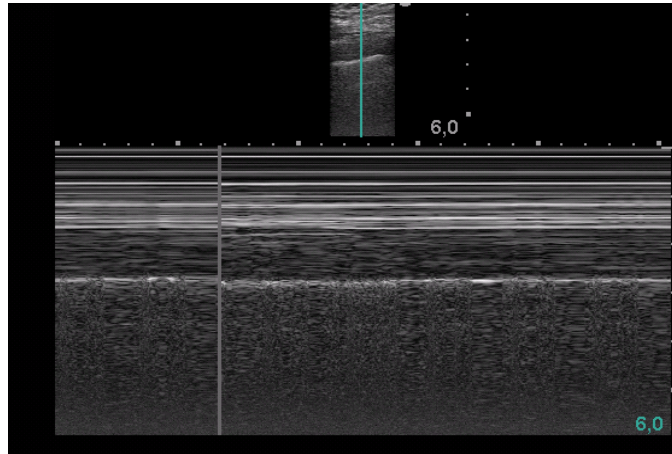


Imagen 18. Signo de la bahía formado por líneas rectas (estructuras inmóviles) e imagen granulada (movimiento).

Patrón intersticial.

El signo característico en la exploración bidimensional de pacientes con patología intersticial es la aparición en la imagen de un artefacto denominado "artefacto en cola de cometa". El sustrato sonopatológico responsable de la generación de este artefacto es el engrosamiento de los septos interlobulares. Es un artefacto producido por la reverberación del haz de ultrasonidos, en este caso la reverberación tiene lugar entre la línea pleural y el septo interlobular engrosado⁵⁷.

El artefacto en cola de cometa, también denominado línea B ha sido descrito en situaciones en las que existe un engrosamiento del septo interlobular por edema, en situaciones en las que el engrosamiento es producido por la aparición de fibrosis y puede estar presente hasta en un 20% de individuos sanos, quedando en este último caso confinado a los últimos espacios intercostales⁴². (Imagen 19).

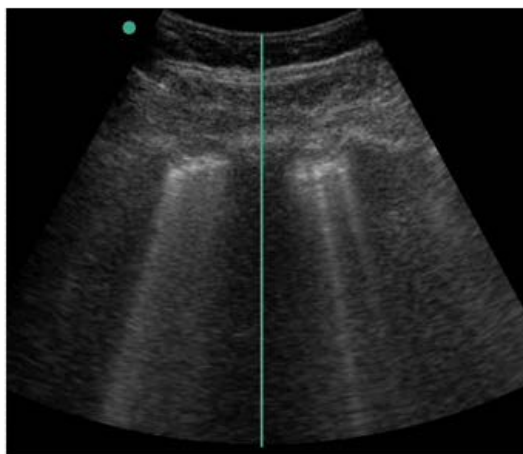


Imagen 19. Líneas B por engrosamiento de los septos interlobulares

INTRODUCCION

Las líneas B se caracterizan por:

- Se originan entre la pleura y los septos interlobulares.
- Inicio estrecho.
- Alcanzan el borde inferior de la imagen ecográfica.
- Se mueven sincrónicamente con la respiración.
- Están separadas unas de otras una distancia aproximada de 7 mm (distancia existente entre septos interlobulares).
- En su transcurso borran a las líneas A.

Es importante diferenciar las líneas B de otros artefactos verticales en la exploración ecográfica pulmonar, estos artefactos son las líneas Z y E.

Las líneas Z se originan en la pleura. Su movimiento, al igual que las líneas B, es sincrónico con la respiración, no se extienden hacia el final del borde inferior de la pantalla y no borran a las líneas A. Aunque tienen una significación incierta aparecen en pacientes con patología pleural e incluso en sujetos normales.

Líneas E, aparecen en el enfisema subcutáneo. En su morfología son idénticas a las líneas B y las características que las diferencian son la no existencia de movimiento sincrónico con la respiración y el origen en el tejido celular subcutáneo.

Consolidación subpleural.

La presencia de una consolidación pleural constituye una auténtica ventana ecográfica tanto para el estudio de dicha consolidación como para el de estructuras mediastínicas centrales habitualmente no accesibles mediante ecografía. Se estima que la sensibilidad de la ecografía, cuando es comparada con el TC para el diagnóstico de consolidaciones subpleurales, está próxima al 83%⁵⁹.

INTRODUCCION

El patrón de condensación pulmonar, por tanto, nos permite ver el pulmón como un órgano sólido, con sus estructuras vasculares y bronquiales. Una característica que nos permite distinguir el pulmón condensado de otros órganos sólidos como el hígado o el bazo es la presencia de aire en el interior de los bronquios, que podemos ver como puntos blancos brillantes (Imagen 20).

Desde el punto de vista etiopatogénico es posible agrupar las consolidaciones subpleurales en la siguiente clasificación⁶⁰:

1. Consolidaciones de etiología inflamatoria. Incluye la neumonía y tuberculosis.
2. Consolidaciones de etiología mecánica. Atelectasias por compresión externa y las atelectasias obstructivas.
3. Consolidaciones de etiología vascular. Cuyo único representante es el infarto pulmonar.
4. Consolidaciones de etiología neoplásica. Incluye a tumores pulmonares primarios y metastásicos.

1. *Consolidaciones de etiología inflamatoria:*

Las consolidaciones neumónicas se caracterizan por ser cambiantes en su evolución a lo largo del tiempo. En la fase precoz, la neumonía se caracteriza por poseer una ecotextura muy homogénea, similar a la del hígado (hepatización). Esta se produce por la ausencia de aire alveolar. Sin embargo, a medida que se va produciendo la reaireación de la zona afectada, la ecotextura se va haciendo cada vez más heterogénea y presenta múltiples artefactos aéreos. Típicamente, el borde de la neumonía en contacto con el pulmón sano aparece de aspecto velado, morfología aserrada y con ecos de reverberación. El signo más característico es el broncograma aéreo. Este aparece hasta en un 87% de los pacientes con consolidaciones neumónicas y consiste en la visualización de estructuras tubulares

INTRODUCCION

hiperecoicas de aspecto ramificado (sección longitudinal del bronquio) ó imágenes lenticulares hiperecoicas (sección transversal).

En la neumonía el broncograma aéreo es dinámico⁶¹. Este se expresa en la imagen ecográfica como un realce hiperecoico coincidente con la inspiración e indica el paso de aire a través de los

bronquios. El broncograma aéreo puede estar presente también en las fases iniciales de las atelectasias. Sin embargo, en estos casos no se produce realce en la inspiración indicando obstrucción bronquial. A este signo se le denomina broncograma estático. Además del broncograma aéreo es posible encontrar hasta en un 20% de los casos broncograma fluido. Este aparece en la imagen como una estructura tubular ramificada con paredes hiperecoicas e interior hipoecoico e indica la presencia de secreción bronquial, lo que es más frecuente en las atelectasias.

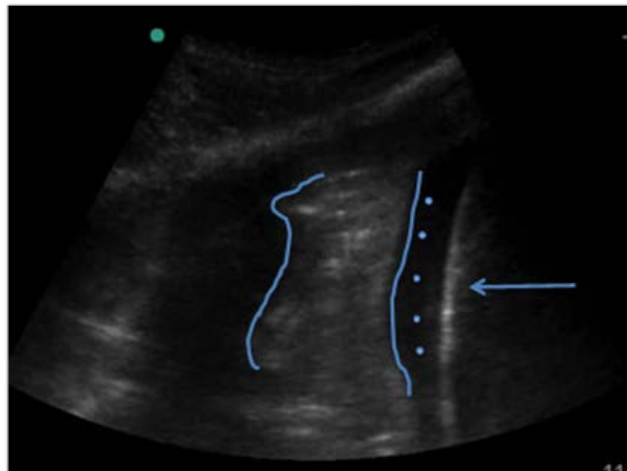


Imagen 20. Consolidación subpleural. La flecha azul marca el diafragma. Por encima de este existe en negro una moderada cantidad de derrame pleural (puntos azules) y a la izquierda el pulmón consolidado (rodeada por línea azul)

En la neumonía la aparición del broncograma fluido queda confinada a la fase precoz (1ª semana). La persistencia de este signo más allá de la fase precoz sugiere una neumonía postestenótica. En el 6% de los pacientes con consolidación neumónica es posible encontrar microabcesos. Estos se caracterizan por poseer una cápsula hipercoica con contenido hipoecoico y en ser variables en su tamaño.

INTRODUCCION

2. Consolidaciones de etiología mecánica:

Las consolidaciones mecánicas están representadas por las atelectasias, estas a su vez pueden dividirse en dos grupos⁶⁰:

- a) Atelectasias por compresión extrínseca: En la ecografía aparecen con una morfología característica en "gorro puntiagudo". El borde en contacto con el pulmón sano también se aprecia velado como en el caso de la neumonía y presentan reventilación parcial durante la inspiración, pudiéndose observar broncograma aéreo.
- b) Atelectasias Obstructivas. Se producen por la obstrucción al flujo aéreo en bronquios centrales (más frecuentemente debido a procesos neoplásicos) o en bronquios periféricos (generalmente por impactación mucosa). En la imagen ecográfica aparecen como zonas de similar ecotextura al hígado localizadas en el pulmón (hepatización). El borde en contacto con el pulmón sano suele estar velado y su signo típico es la presencia de broncograma fluido. En las atelectasias obstructivas es posible encontrar también broncograma aéreo, sin embargo por definición, siempre es un broncograma estático.

3. Consolidaciones de etiología vascular.

El infarto pulmonar es otro cuadro que sonográficamente, al igual que la neumonía, muestra una evolución temporal. En una primera fase se produce ocupación de los alveolos por contenido hemorrágico y pérdida de surfactante. Esta hemorragia, que aparece en más del 60% de los casos, es la responsable de las características ecográficas en la fase precoz. Durante esta fase, el infarto pulmonar aparece como una imagen hipoecoica de bordes redondeados y separación nítida con el pulmón subyacente. En el interior de la consolidación no es posible ver signos de broncograma fluido. Esto es debido fundamentalmente a dos motivos: la broncoconstricción secundaria al embolismo y la compresión extrínseca por parte de la colección hemorrágica⁶². A medida que el proceso

INTRODUCCION

avanza en el tiempo se produce la reabsorción del contenido hemorrágico gracias a la fibrinólisis local. Como consecuencia, la ecotextura pasa a ser más heterogénea, presentando un aspecto "granulado" en la imagen. Típicamente los bordes están muy marcados, estableciendo una separación muy nítida con el pulmón sano y presenta una morfología triangular, con la base en la pleura. Al contrario de lo que ocurre en la fase precoz, en esta fase si es posible la visualización de broncograma fluido, apareciendo este en el centro de la consolidación. En ocasiones es posible observar en el vértice de la lesión una estructura tubular hipoecoica correspondiente al vaso trombosado responsable del infarto pulmonar, este signo es conocido como el "vaso centinela"⁶³.

4. Consolidaciones de etiología neoplásica.

Las consolidaciones neoplásicas primarias o metastásicas suelen presentar características diferenciales con el resto de consolidaciones de carácter "benigno" (neumonía, atelectasia). Típicamente las consolidaciones neoplásicas deforman la superficie del pulmón. Tienen un borde en contacto con el pulmón sano muy bien delineado, mostrando en ocasiones excrescencias hacia el pulmón sano en forma de dedos. Invaden estructuras adyacentes de la pared torácica y alteran la arquitectura normal del pulmón, desplazando e incluso destruyendo las estructuras bronquiales y vasculares. Un signo típico es el desplazamiento hacia los márgenes de la consolidación de las estructuras vasculares.

Por último otro de los parámetros que ayudan al diagnóstico diferencial en el estudio de las consolidaciones subpleurales es el estudio de la circulación arterial⁶⁴. Al aplicar el estudio doppler dentro de la consolidación es posible distinguir distintos patrones de circulación⁶⁵:

1. Vasos dependientes de la arteria pulmonar. Son de localización variable, dirección centrífuga desde el hilio pulmonar hacia la superficie y muestran un espectro doppler trifásico con alta impedancia.

INTRODUCCION

2. Vasos dependientes de las arterias bronquiales centrales. También son variables en su localización y con dirección centrífuga, pero al contrario que los vasos dependientes de la arteria pulmonar, estos muestran un patrón doppler monofásico de baja impedancia.
3. Vasos dependientes de las arterias intercostales. Su localización está limitada al espacio intercostal, se dirigen centrípetamente desde la periferia pulmonar hacia el hilio pulmonar y su espectro doppler es monofásico de alta impedancia.
4. Vasos generados por neoangiogénesis en consolidaciones de origen tumoral. Aunque algunos autores consideran que no es posible su visualización directa por presentar una muy baja velocidad de flujo, en ocasiones se han descrito como vasos de localización y dirección variable y espectro doppler de baja impedancia con poca variabilidad sisto-diastólica. En el estudio histológico de estos vasos se ha demostrado que su origen se localiza en las arterias bronquiales.

La valoración cualitativa con doppler color muestra un incremento en la vascularización en las consolidaciones benignas (neumonía y atelectasia), una disminución en lesiones neoplásicas y ausencia de vascularización en el infarto pulmonar.

La valoración cuantitativa con doppler pulsado muestra en el caso de la atelectasia y la neumonía un flujo principalmente dependiente de ramas de la arteria pulmonar (patrón trifásico). Por el contrario el flujo en las lesiones malignas muestra una predominancia de arterias bronquiales centrales (espectro monofásico de baja resistencia).

Derrame pleural

El diagnóstico y seguimiento del derrame pleural es la primera aplicación descrita de la utilización de la ecografía en la exploración pulmonar⁶⁶. La capacidad

INTRODUCCION

de la ecografía de detectar colecciones líquidas hace que sea un método diagnóstico de primera elección en el diagnóstico del derrame pleural. Mientras que en la radiología torácica muestra una sensibilidad del 71% y una especificidad del 98%, el uso de la ecografía comparado con el TAC muestra una sensibilidad del 100% con una especificidad del 99.7% ⁶⁷. Esta situación es mucho más favorable para la ecografía cuando la comparación se establece en enfermos críticos en los que la exploración ha de realizarse en decúbito supino, en estas situaciones la sensibilidad de la radiología es de un 47%, mientras que en la ecografía se sitúa en el 93%. Mientras que la radiología convencional no es capaz de detectar derrames con volumen inferior a 150 ml, la ecografía puede detectar volumen en torno a los 50 ml⁶⁸.

El derrame pleural se caracteriza en la imagen bidimensional por presentarse como un espacio libre de ecos delimitado caudalmente por el diafragma, anteriormente por la pleura parietal y posteriormente por la pleura visceral. (Imagen 21) En la inspiración el borde correspondiente a la pleura visceral se mueve hacia la pleura parietal, dando lugar en la exploración en modo M al llamado "signo del senoide". La presencia de este signo tiene una especificidad del 97% para el diagnóstico del derrame pleural, estando ausente en los casos de alta viscosidad del derrame (empiema) ó en derrames encapsulados. La exploración doppler-color puede ser de utilidad en el diagnóstico diferencial de derrames con contenido hipoecoico (empiemas) y consolidaciones alveolares, mientras que en el primer caso es posible encontrar movimiento en la señal doppler, en el segundo este movimiento está ausente.

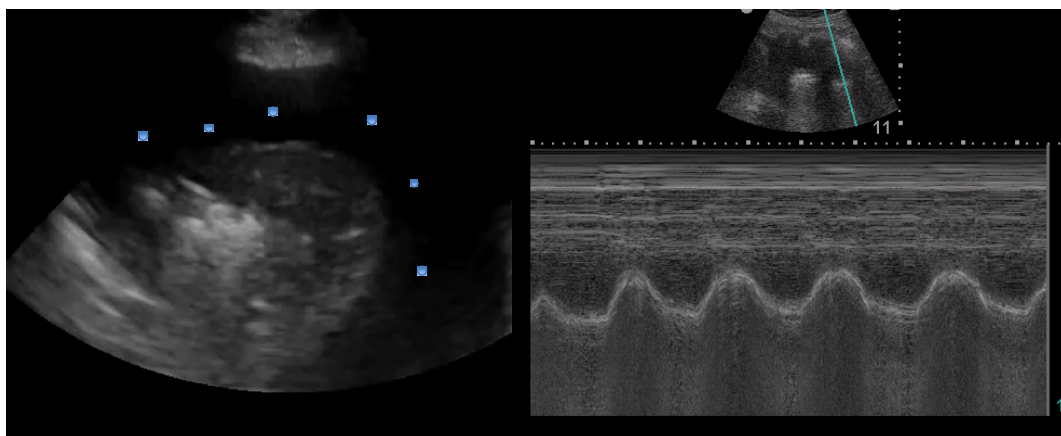


Imagen 21. Derrame pleural en modo 2D (izquierda, puntos azules) y modo M (derecha) donde se aprecia el signo del senoide

INTRODUCCION

La exploración ecográfica del derrame pleural puede ayudar a determinar la causa del mismo. En pacientes ingresados en unidades de críticos⁶⁹ se ha establecido una prevalencia aproximada de derrame pleural del 62%, siendo sus causas más frecuentes la insuficiencia cardíaca (35%), atelectasias (23%), derrame paraneumónico (11%) y empiema (1%). La descripción ecográfica de un derrame pleural se realiza atendiendo a dos parámetros: la presencia de septos en el interior del derrame y la presencia de ecos libres. De acuerdo con estos parámetros pueden establecerse los siguientes tipos sonográficos de derrame pleural:

1. Derrame anecoico.
2. Derrame complejo no septado.
3. Derrame complejo septado.
4. Derrame homogéneamente ecoico.

Como primera aproximación al diagnóstico etiopatológico todos los trasudados son anecoicos, mientras que un exudado puede presentarse como un derrame anecoico, con septos en su interior ó incluso simular una consolidación homogéneamente ecoica. La aparición de ecos o septos dentro del derrame obliga siempre a pensar en un exudado. Otros signos indirectos que inclinan el diagnóstico hacia un exudado son la presencia de engrosamiento pleural junto con consolidación subpleural y la presencia de nódulos pleurales, que hace sospechar la presencia de patología neoplásica.

Neumotórax.

El neumotórax es una entidad con una prevalencia aproximada del 6% en las unidades de cuidados críticos. A pesar de esta prevalencia hasta un 30% de los neumotórax no se aprecian en la radiología torácica convencional y de ellos, la mitad llegan a provocar un neumotórax a tensión. La sensibilidad de la radiología

INTRODUCCION

torácica para el diagnóstico del neumotórax cuando se compara con el TAC está entre el 50 y 70% dependiendo de la severidad y proyección utilizada⁷⁰.

El diagnóstico del neumotórax con la ecografía pulmonar se basa en la aparición de tres signos⁷¹ (Imagen 22):

1. Abolición del signo de deslizamiento pulmonar ("lung sliding").
2. Ausencia de líneas B.
3. Identificación del punto pulmonar ("lung point").

El signo del deslizamiento pulmonar o "lung sliding" es el principal parámetro que define la normalidad del pulmón en la exploración ecográfica. Se constata en la imagen bidimensional por el deslizamiento de la pleura visceral sobre la parietal, y puede objetivarse en la exploración en modo M por la presencia del "signo de la bahía" (Imagen 18).

La ausencia del signo de deslizamiento puede objetivarse en la exploración bidimensional por la aparición de numerosas líneas A (patrón de líneas A) y ausencia de deslizamiento pulmonar. En el modo M aparece un nuevo signo, el llamado "signo de la estratosfera". En este la superficie "granulada" presente en el signo de la bahía es reemplazada por multitud de líneas horizontales que cubren toda la imagen (Imagen 22).

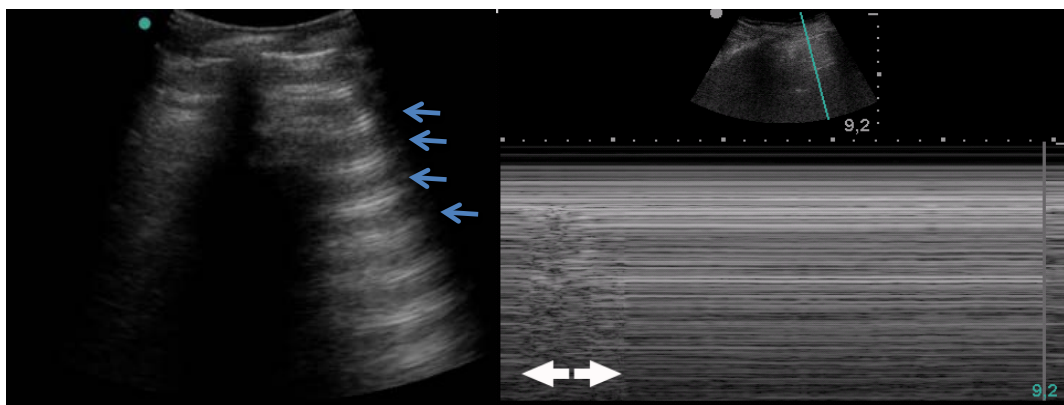


Imagen 22. A la izquierda en modo 2D abundantes líneas A (flechas azules). A la derecha en modo M se observa un punto donde el pulmón comienza a moverse (flechas blancas) es el punto pulmonar. A la derecha de este punto la ausencia de movimiento se caracteriza por líneas rectas horizontales. Es el signo de la estratosfera.

INTRODUCCION

La presencia del signo del deslizamiento pulmonar por si solo excluye la presencia de neumotórax, sin embargo, su ausencia no lleva al diagnóstico de certeza⁵⁶. La abolición del signo de deslizamiento pulmonar puede estar presente, además de en el neumotórax, en:

- Ventilación jet de alta frecuencia.
- En adherencias pleurales.
- Atelectasias masivas.
- Bloqueo pulmonar o lobar selectivo
- Fibrosis pulmonar severa.
- Parálisis del nervio frénico.
- Ventilación mecánica con PEEP elevada y apnea.

Esto hace que, aunque la sensibilidad del signo de la estratosfera sea cercana al 100%, la especificidad varia, siendo del 90% en el población normal, de un 78% en pacientes ingresados en unidades de cuidados críticos e incluso un 60% cuando la patología subyacente es el SDRA.

La presencia de líneas B excluye el diagnóstico de neumotórax. La sensibilidad de la no aparición de líneas B para el diagnóstico de neumotórax se sitúa por tanto en el 100%, sin embargo su especificidad es tan solo del 60%. Cuando la ausencia de deslizamiento pulmonar se une a la ausencia de líneas B, ésta aumenta al 96.5%⁷⁴.

El último de los signos característicos de la ecografía en el diagnóstico del neumotórax es el denominado punto pulmonar o "lung point". Recibe esta denominación la zona de transición existente entre un área del pulmón en la que existen signos de deslizamiento pulmonar ("sliding" o líneas B) a otra en la que estos signos están ausentes⁷⁵. La ausencia de este signo no excluye el diagnóstico de neumotórax (sensibilidad 66%). De hecho, en neumotórax muy severos, con colapso del pulmón, este signo está ausente. Sin embargo su presencia confirma el diagnostico por tener una especificidad del 100%. (Imagen 22).

INTRODUCCION

La mejor forma de objetivarlo es con la exploración en modo M, en el que aparece el signo de la bahía alternando con el signo de la estratosfera coincidiendo con el ciclo respiratorio. Además de proveer la certeza del diagnóstico, la presencia del punto pulmonar permite establecer la extensión e incluso la indicación de evacuación del neumotórax. En los pacientes en decúbito la localización más frecuente del neumotórax es anterior e inferior, siendo este mayor cuanto más posterior es la localización del punto pulmonar. Así, la presencia de este signo en las zonas posteriores obliga a pensar en un neumotórax masivo con retracción pulmonar, lo que implica una inmediata necesidad de evacuación⁷³. La presencia de un punto pulmonar localizado en las regiones laterales se correlaciona con la necesidad de drenaje en un 90% de los casos, mientras que en zonas anteriores, la necesidad de evacuación es tan solo del 8%.

Imagen ecográfica del bloqueo selectivo para ventilación unipulmonar

Existe escasa experiencia en la utilización de la ecografía pulmonar durante el bloqueo selectivo. La ausencia de movimiento debe manifestarse según la semiología sonográfica de la siguiente manera⁷⁶:

- Ausencia de movimiento pleural (“lung sliding”) en el pulmón colapsado.
- Presencia de movimiento pleural en el pulmón ventilado.
- Ausencia de líneas B (si las hubiera) en el pulmón colapsado.
- Disminución o abolición del movimiento del diafragma en el lado colapsado (Imagen 23).
- Aparición del pulso pulmonar o “lung pulse” en el pulmón izquierdo colapsado.

El pulso pulmonar o “lung pulse” es un signo en modo M en el que se aprecia el movimiento provocado por el latido del corazón sobre el pulmón colapsado que contacta con éste⁷⁷ (Imagen 24).

INTRODUCCION

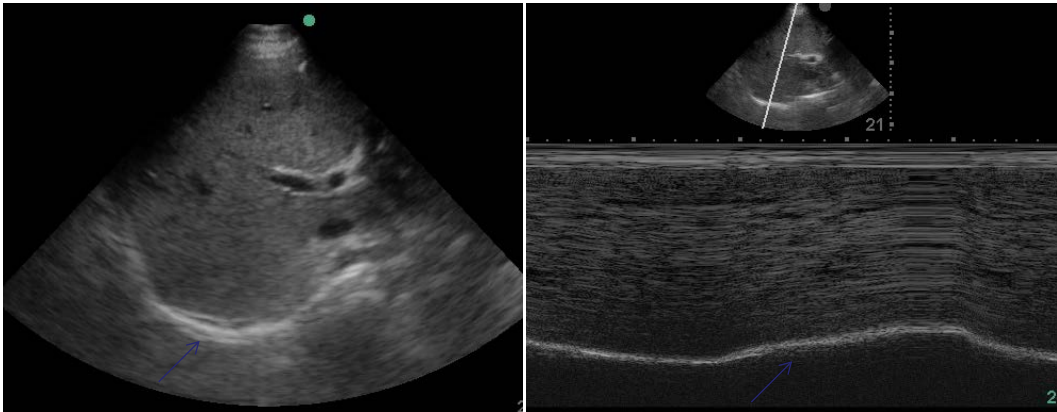


Imagen 23. Diafragma. En la imagen de la izquierda (2D) puede verse el diafragma a través del hígado (flecha azul). En la imagen de la derecha (Modo M) Se observa la línea diafragmática oscilando con los movimientos respiratorios (flecha azul)

A diferencia del neumotórax, en el que también hay ausencia de movimiento pleural, durante el colapso no se potencia el patrón de líneas A (al haber una menor cantidad de aire bajo la pleura). Tampoco puede apreciarse el llamado punto pulmonar o “lung point” ya que no debería existir ningún movimiento si el colapso pulmonar es total. Su aparición podría predecir un colapso lobar o sublobar en relación a alguna malposición.

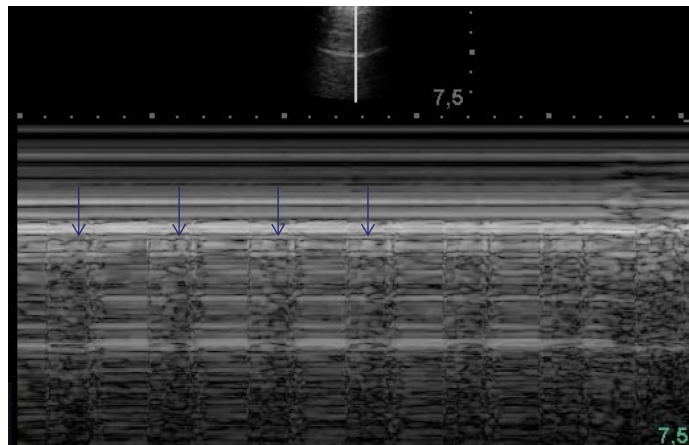


Imagen 24. Pulso pulmonar provocado por la transmisión del latido cardiaco sobre el pulmón inmóvil (flechas azules)

Limitaciones de la ecografía pulmonar

La ecografía pulmonar, aún aportando valiosísima información en el estudio del paciente crítico, presenta importantes limitaciones. La primera de ellas es la de ser un estudio regional; solo podemos acceder a una zona del pulmón en un mismo instante y, aunque la exploración pueda extenderse a los dos pulmones, no disponemos de la posibilidad de obtener una imagen global de lo que ocurre en el pulmón en un mismo instante de tiempo. La segunda de ellas es que sólo puede estudiar patologías que contacten con la pleura, quedando así excluidas de la exploración patologías de afectación central. En tercer lugar existen zonas “ciegas” a la exploración con ecografía, tal es el caso del área bajo las escápulas o la presencia de enfisema subcutáneo extenso que dificulta e incluso impide el estudio de la patología pulmonar subyacente. Por último, es una exploración observador dependiente, y aunque existen estudios publicados que indican que la apreciación de signos básicos requiere una curva de aprendizaje de solo horas, para el estudio más detallado de patología compleja se requieren periodos de 6 meses a un año^{62,63}.

La mayor parte de los estudios publicados muestran como la ecografía pulmonar presenta una mayor capacidad diagnóstica que la radiología convencional. Esto ha provocado un enfrentamiento artificial entre la radiología convencional y la ecografía, llegando en ocasiones a desechar la radiología convencional como una herramienta diagnóstica válida en el paciente crítico. En nuestra opinión esto es un error. La radiología torácica convencional sigue manteniendo un hueco en nuestras unidades, nos permite una imagen global del sistema cardio-respiratorio y en el caso de utilizar la ecografía pulmonar nos ayuda a identificar el área de exploración y a solventar o minimizar las limitaciones de la ecografía⁸⁰.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

*La medicina es una ciencia de probabilidades y un arte de manejar la incertidumbre*⁸¹ (William Osler). En esta afirmación se basa el valor de las pruebas diagnósticas, de forma que la información más importante que deben proporcionar es la probabilidad de que un paciente tenga o no una enfermedad, proceso o circunstancia clínica.

La colocación de un tubo de doble luz a ciegas supone un reto para el anestesiólogo y se acompaña de incertidumbre. En las series publicadas^{82,83,84}, en centros de gran experiencia en cirugía torácica, la incidencia de hipoxemia intraoperatoria durante la ventilación unipulmonar oscila entre un 5-10%, hasta un 28%⁸⁵, siendo la malposición del tubo de doble luz, la causa más frecuente de hipoxemia⁸⁶. De hecho, una malposición del tubo de doble luz tras la colocación del paciente en decúbito lateral predice la aparición de hipoxemia durante la ventilación unipulmonar aunque éste se recoloca correctamente⁸⁷. Además, el segundo inconveniente de la malposición del tubo de doble luz es la incapacidad para proporcionar un campo quirúrgico con un pulmón colapsado e inmóvil, inconveniente especialmente limitante para la realización de cirugía videotoracoscópica⁸⁸.

El fibrobroncoscopio se ha convertido en una herramienta esencial para facilitar y comprobar la correcta colocación del tubo de doble luz, sin embargo, existen numerosas situaciones en las que o no está disponible o no es posible utilizarlo. El método clínico, basado en la auscultación durante la oclusión alternativa de las luces traqueal y bronquial, tiene una escasa validez diagnóstica⁸⁹ y una necesidad de recolocaciones del 37%, para garantizar una adecuada ventilación unipulmonar⁹⁰.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

La ecografía pulmonar está viviendo una rápida expansión en la anestesiología y en las unidades de cuidados críticos. Daniel Lichtenstein, a finales de los años 90 del siglo pasado, aportó una nueva perspectiva ecográfica a la exploración pulmonar. Si antes el pulmón se consideraba una víscera poco apropiada para los ultrasonidos, por la cantidad de artefactos que generaba el aire en su interior, Lichtenstein utilizó estos artefactos para describir la semiología ecográfica de la patología pulmonar⁵⁷. En el año 2004 publicó un artículo en el que comparaba la precisión de la ecografía pulmonar frente a la auscultación y la radiografía de tórax utilizada en pacientes con síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA) en ventilación mecánica⁵⁵, tomando como prueba de referencia el TC torácico. Lichtenstein analizó la precisión para diagnosticar tres síndromes pulmonares diferentes en estos pacientes: el síndrome alveolo-intersticial, el derrame pleural y la consolidación alveolar. Los resultados de sus hallazgos se muestran en la siguiente tabla (Tabla 1):

	Auscultación pulmonar	Rx tórax	Ecografía pulmonar
Derrame pleural	61%	47%	93%
Sd. Alveolo intersticial	55%	72%	95%
Consolidación alveolar	36%	75%	97%

*Tabla 1. Precisión para el diagnóstico de diferentes síndromes pulmonares en pacientes con SDRA.
(Anesthesiology, 2004;100: 9-15.)⁵⁵*

Teniendo en cuenta la superioridad que mostró la ecografía pulmonar frente a la auscultación en este contexto, resulta prometedor pensar que la ecografía puede ser una buena alternativa para comprobar la correcta colocación del tubo de doble luz (TDL) en pacientes que precisen ventilación unipulmonar. Si así lo fuera, dispondríamos de una prueba diagnóstica superior a la auscultación para disminuir la incertidumbre del anestesiólogo cuando coloca un TDL.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Tras colocar un TDL para realizar una ventilación unipulmonar, el anesthesiólogo sabe que se enfrenta a una probabilidad incierta de que el paciente sufra hipoxemia y de que el campo quirúrgico no sea adecuado. La pregunta que necesitamos responder es la siguiente: si utilizando la ecografía pulmonar determinamos la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo, ¿cuál es la probabilidad de que esté, efectivamente, bien colocado?.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis:

La ecografía pulmonar es una prueba válida y eficaz, superior a la auscultación, para comprobar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo así como para predecir el tipo de malposiciones.

Objetivo principal:

Determinar la sensibilidad, especificidad y valores predictivos negativo y positivo de la ecografía pulmonar como prueba para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo.

Objetivos secundarios:

Determinar la sensibilidad, especificidad y valores predictivos negativo y positivo de la auscultación pulmonar como prueba para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo.

Comparar la capacidad de la ecografía pulmonar con la auscultación para detectar la correcta posición del tubo de doble luz izquierdo y para diagnosticar el tipo de malposición.

Conocer, en nuestro medio, la tasa de malposiciones tras una primera intubación a ciegas con tubo de doble luz izquierdo.

MATERIAL Y METODOS

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

MATERIAL Y METODOS

Diseño

Estudio transversal, observacional, doble ciego de validez de pruebas diagnósticas. La prueba experimental fue la ecografía pulmonar utilizada para comprobar la colocación satisfactoria de los tubos de doble luz izquierdos. Se comparó la validez y eficacia de la ecografía pulmonar (prueba experimental) con la auscultación pulmonar. Se tomó como patrón de referencia la fibrobroncoscopia (gold standar).

Población y muestra

Previo información y firma del consentimiento informado (Anexo 1), se incluyeron todos los pacientes programados para cirugía torácica en el Hospital universitario de La Princesa, entre el 1 de Octubre 2012 y el 30 de abril de 2013, que precisaron ventilación unipulmonar intraoperatoria, para la que se utilizó un tubo de doble luz izquierdo.

Los criterios de inclusión y exclusión fueron los siguientes:

1. Criterios de inclusión:

- Pacientes que dieron su consentimiento informado para participar en el estudio.
- Pacientes adultos, propuestos para cirugía torácica que precisaron ventilación unipulmonar intraoperatoria.
- Pacientes intubados con un tubo de doble luz izquierdo.

MATERIAL Y METODOS

2. Criterios de exclusión:

- Falta de consentimiento.
- Imposibilidad para intubar con un tubo de doble luz izquierdo.
- Pacientes traqueostomizados.
- Pacientes con atelectasias visibles en Rx tórax o TC torácica preoperatoria.

Pruebas diagnósticas y definiciones:

Auscultación pulmonar: Consiste en escuchar mediante un estetoscopio colocado en el tórax los sonidos pulmonares. La entrada y salida de aire sin obstrucción se conoce como murmullo vesicular. En la exploración para la confirmación de la colocación del tubo de doble luz la pérdida de murmullo vesicular implica falta de movimiento en el territorio auscultado. La exploración se realizó en la cara antero-lateral del tórax dividido en cuatro cuadrantes: superior derecho, inferior derecho, superior izquierdo e inferior izquierdo.

Ecografía pulmonar: La exploración ecográfica se realizó con un ecógrafo portátil de alta resolución (Sonosite®, Titan, Bothell USA) con una sonda lineal de la misma marca, modelo L38-E, de 13-6 mHz que proporciona una profundidad estimada de 6 cm. El objetivo principal de la prueba fue confirmar si existía entrada de aire o no en los cuatro cuadrantes pulmonares. Para ello se examinaron los signos ecográficos relacionados con la presencia o ausencia de ventilación:

1. Signo del deslizamiento pleural: consiste en la visión directa del movimiento entre la pleura parietal y la visceral, en el modo ecográfico 2D (Imagen 16, introducción). Si el deslizamiento pleural no era evidente se cambiaba la exploración ecográfica a modo M para tratar de identificar el movimiento pleural a través del “signo de la bahía” definido como la presencia de líneas continuas rectas en el panel superior correspondientes a la pared torácica inmóvil, apareciendo por debajo una imagen granulada definitoria de movimiento de aire en el pulmón (Imagen 18, introducción). La ausencia de

MATERIAL Y METODOS

movimiento se caracteriza por la aparición del “signo de la estratosfera”, definido como el predominio de líneas rectas continuas en la imagen ecográfica en modo M (Imagen 22, introducción).

2. Visión del diafragma: consiste en la visión directa del movimiento diafragmático, en modo ecográfico 2D, o de la visión de la contracción muscular en modo M (Imagen 23, introducción).
3. Pulmón pulsátil (lung pulse): representa un signo específico de ausencia de movimiento en pulmón izquierdo. Consiste en la aparición, en el modo M, de rachas de movimiento (signo de la bahía) sobre el signo de la estratosfera, que corresponden al movimiento pasivo del pulmón provocado por los latidos cardíaco (Imagen 24).

Fibrobroncoscopia: la exploración del árbol bronquial bajo visión fibrobroncoscópica representa el patrón oro para la confirmación de la colocación ideal del tubo de doble luz. La visión por la luz traqueal debe mostrar (Imagen 10, introducción), a la izquierda, la carina con la luz bronquial izquierda ocupada por la rama bronquial del tubo de doble luz izquierdo con su balón inflable (azul) dentro del bronquio entre 5-10 mm por debajo de la carina (a). A la derecha, se debe observar el bronquio principal derecho con la entrada al lóbulo superior y sus ramificaciones (b). A través de la luz bronquial se debe ver la carina secundaria con la entrada a los bronquios lobares superior e inferior izquierdos (c).

Protocolo de estudio

Dado el carácter observacional del estudio se diseñó un protocolo, basado en la práctica clínica habitual de la Sección de Cirugía Torácica del Servicio de Anestesia y Reanimación del Hospital Universitario de La Princesa.

MATERIAL Y METODOS

1. Inducción anestésica

La inducción se realizó con fentanilo 2-3 µg/kg, propofol 2-3 mg/kg y bromuro de rocuronio 0.6 mg/kg, previa preoxigenación.

2. Elección del tamaño del tubo de doble luz

El tamaño del tubo de doble luz izquierdo se eligió de acuerdo al diámetro bronquial medido en el TC de tórax o el diámetro traqueal medido en Rx de tórax a nivel interclavicular si el TC no estaba disponible (Tabla 2, introducción).

Se disponía de tubos de doble luz de tamaños entre 35 y 41 French (Rüsch Bronchopart®, Teleflex®)

3. Colocación del tubo de doble luz izquierdo

El tubo de doble luz se colocó a ciegas, según práctica clínica habitual. Tras la inducción y una vez alcanzado el bloqueo neuromuscular completo, con TOF = 0 (Módulo NMT, Monitor iMM General Electrics Healthcare, 2005®), se realizó laringoscopia directa. Una vez pasada la glotis con la porción bronquial del tubo se retiró el fiador y se avanzó por la tráquea realizando un giro de 90°, en sentido contrario a las agujas del reloj. La progresión se detuvo al percibir que la rama bronquial entraba en el bronquio principal izquierdo o cuando la marca del tubo de 29 cm alcanzaba la comisura labial. (Imagen 9, introducción).

La intubación se llevó a cabo por Médicos Internos Residentes de Anestesiología de 3º y 4º año, asistidos por el anestesiólogo responsable.

Una vez completada la intubación se infló el balón de neumotaponamiento traqueal del tubo de doble luz y se conectó al ventilador para confirmar que el tubo estaba en la luz traqueal mediante capnografía.

MATERIAL Y METODOS

4. Comprobación de la posición del tubo de doble luz izquierdo

Todos los observadores tenían información sobre las características del pulmón a explorar (existencia o no de áreas de enfisema) y sobre la localización de la patología pulmonar, por si pudieran interferir en la exploración.

La primera fase de la comprobación se realizó con ambas ramas del tubo de doble luz sin pinzar. La ventilación se programó en modo control por volumen, con un volumen corriente de 6-8 ml/kg del peso ideal y frecuencia respiratoria entre 12 y 14 respiraciones / minuto (Aespire 7900, GE Healthcare®). La secuencia de exploración empleada fue la siguiente:

- Observador 1 (Médico Interno Residente 3º- 4º año): Auscultación pulmonar en los cuatro cuadrantes y anotación de los hallazgos sin informar de ellos al resto de observadores.
- Observador 2: (Anestesiólogo con experiencia en ecografía pulmonar): Exploración con ecografía pulmonar en los cuatro cuadrante y anotación de los hallazgos sin informar al resto de observadores.
- Observador 3: (Anestesiólogo responsable del quirófano, con experiencia en cirugía torácica): Monitoriza los valores de oxigenación, capnografía, distensibilidad y resistencias respiratorias sin informar al resto de observadores.

En la segunda fase de exploración, se procedió al inflado del balón de neumotaponamiento bronquial con 2-3 ml de aire y a la oclusión de la rama traqueal del tubo de doble luz, realizando una secuencia de exploración similar:

- Observador 1: Auscultación pulmonar en los cuatro cuadrantes y anotación de los hallazgos sin informar al resto de observadores.
- Observador 2: Exploración con ecografía pulmonar en los cuatro cuadrantes y anotación de los hallazgos sin informar al resto de observadores.

MATERIAL Y METODOS

- Observador 3: Monitoriza los valores de oxigenación, capnografía, distensibilidad y resistencias respiratorias sin informar al resto de observadores.

Por último, en la tercera fase de la exploración se despinzó la rama traqueal del tubo de doble luz izquierdo y se ocluyó su rama bronquial realizando la exploración con la misma secuencia que las anteriores:

- Observador 1: Auscultación pulmonar de los cuatro cuadrantes y anotación de los hallazgos sin informar al resto de observadores.
- Observador 2: Exploración con ecografía pulmonar en los cuatro cuadrantes y anotación de los hallazgos sin informar al resto de observadores.
- Observador 3: Monitoriza los valores de oxigenación, capnografía, complianza y resistencias respiratorias sin informar al resto de observadores.

El diagnóstico final fue llevado a cabo por cada observador de forma independiente y ciega. Para garantizar el ciego, los observadores 1 y 2 se colocaron uno frente a otro y realizaron la exploración de forma simultánea. Posteriormente anotaron el resultado de sus observaciones por cuadrantes y el diagnóstico de la posición del tubo de doble luz, de forma separada.

Posteriormente, el observador 3 realizó la prueba de referencia (fibrobroncoscopia) determinando la posición del tubo de doble luz, correcta o incorrecta, y en el caso de posición incorrecta estableció el tipo de mal posición y corrigió la posición guiándose por el fibrobroncoscopio.

Finalmente, el observador 3 anotó en el cuaderno de recogida de datos (CRD, Anexo 2) las observaciones propias y del resto de investigadores, incluyendo:

- a. Datos del paciente: sexo, edad, talla, peso, diagnóstico de intervención y antecedentes o no de enfisema pulmonar.

MATERIAL Y METODOS

- b. Datos de observador 1: auscultación por cuadrantes y diagnóstico de posición del tubo de doble luz
- c. Datos observador 2: ecografía pulmonar por cuadrantes y diagnóstico de posición del tubo de doble luz.
- d. Datos observador 3: diagnóstico de posición determinado por fibrobroncoscopia.

5. Recomendaciones para la identificación de la posiciones del tubo de doble luz, según los hallazgos de la exploración

Para evitar variabilidad entre los observadores en la interpretación de los hallazgos de la exploración, se adoptó el esquema para la interpretación de la exploración habitualmente aplicado en nuestro medio:

1. Posición satisfactoria (Imagen 11, Introducción)	Cuadrantes torácicos (movimiento)			
	SD	+	SI	+
Dos luces	ID	+	II	+
	SD	+	SI	-
Oclusión de la rama bronquial	ID	+	II	-
	SD	-	SI	+
Oclusión de la rama traqueal	ID	-	II	+

Cuadrantes: SD=Superior derecho, SI=Superior izquierdo, ID=Inferior derecho, II=Inferior izquierdo.
 +=se escucha murmullo vesicular o se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía
 -=no se escucha murmullo vesicular o no se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía.

MATERIAL Y METODOS

2. TDL invertido (Imagen 13, Introducción)	Cuadrantes torácicos (movimiento)			
Dos luces	SD	+	SI	+
	ID	+	II	+
Oclusión de la rama bronquial	SD	-	SI	+
	ID	-	II	+
Oclusión de la rama traqueal	SD	+	SI	-
	ID	+	II	-

Cuadrantes: SD=Superior derecho, SI=Superior izquierdo, ID=Inferior derecho, II=Inferior izquierdo.
 +=se escucha murmullo vesicular o se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía
 -=no se escucha murmullo vesicular o no se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía.

3. TDL muy progresado (Imagen 12, Introducción)	Cuadrantes torácicos (movimiento)			
Dos luces	SD	-	SI	+
	ID	-	II	+
Oclusión de la rama bronquial	SD	-	SI	-
	ID	-	II	-
Oclusión de la rama traqueal	SD	-	SI	+/-
	ID	-	II	+

Cuadrantes: SD=Superior derecho, SI=Superior izquierdo, ID=Inferior derecho, II=Inferior izquierdo.
 +=se escucha murmullo vesicular o se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía
 -=no se escucha murmullo vesicular o no se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía.
 +/- puede escucharse o verse movimiento o no, en función de si la rama bronquial penetra completamente en el bronquio inferior izquierdo o el balón obstruye este

MATERIAL Y METODOS

4. TDL poco progresado (Imagen 14, Introducción)	Cuadrantes torácicos (movimiento)			
Dos luces	SD	+	SI	+
	ID	+	II	+
Oclusión de la rama bronquial	SD	-	SI	-
	ID	-	II	-
Oclusión de la rama traqueal	SD	+	SI	+
	ID	+	II	+

Cuadrantes: SD=Superior derecho, SI=Superior izquierdo, ID=Inferior derecho, II=Inferior izquierdo.

+ = se escucha murmullo vesicular o se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía

- = no se escucha murmullo vesicular o no se percibe movimiento pleural o diafragmático con la ecografía.

Análisis estadístico:

1. Cálculo del tamaño muestral

Para el cálculo del tamaño muestral^{91,92}, se consideró adecuado un error alfa de 0.05 y una potencia del 80%. Tomando como referencia el único artículo publicado disponible⁹³, previo al diseño de este estudio, asumimos, para responder al objetivo principal, una sensibilidad para el diagnóstico con ecografía de la correcta colocación del tubo de doble luz del 99%, una especificidad del 50% y una precisión del intervalo de confianza del 15%. La previsión de la tasa de la correcta colocación del tubo a ciegas es difícil de predecir dada la gran variabilidad publicada, que oscila entre un 10% hasta un 80%^{50,51}. Considerando una tasa de colocación a ciegas correcta desconocida, la previsión del tamaño muestral fue de 42 pacientes.

El cálculo del tamaño muestral se realizó con el paquete estadístico Epidat® 4.2.

MATERIAL Y METODOS

2. Evaluación de las pruebas diagnósticas⁹³:

La validez diagnóstica se evaluó con los índices de sensibilidad y especificidad calculados a partir de una tabla de contingencia de dos por dos:

Resultado de la prueba	Fibrobroncoscopia	
	Bien colocado	Mal colocado
Bien colocado (positivo)	A	B
Mal colocado (negativo)	C	D
Total	A+C	B+D

a) Sensibilidad (S):

Proporción de diagnósticos positivos obtenidos al aplicar la prueba a estudio en un grupo de sujetos con el tubo de doble luz izquierdo en posición satisfactoria. Es decir, es la probabilidad condicionada de un resultado positivo en estos sujetos.

$$S = A / (A+C)$$

b) Especificidad (E):

Proporción de diagnósticos negativos obtenidos al aplicar la prueba a estudio en un grupo de sujetos con el tubo de doble luz izquierdo mal posicionado. Es decir, se trata de la probabilidad condicionada de un resultado negativo en dichos sujetos.

$$E = D / (B+D)$$

MATERIAL Y METODOS

Una vez calculados los índices de validez, para conocer la eficacia de las pruebas a estudio (ecografía pulmonar y auscultación) para el diagnóstico de la posición satisfactoria del tubo de doble luz izquierdo, se calcularon los valores predictivos positivo y negativo:

a) Valor predictivo positivo (VPP):

Proporción de sujetos con el tubo de doble luz izquierdo bien colocado, según el patrón de referencia, en el total de sujetos con resultado positivo de la prueba experimental. Es la probabilidad condicionada de que un sujeto de este grupo, con una prueba positiva, tenga, realmente, el tubo de doble luz izquierdo en posición correcta:

$$VPP = A / (A+B)$$

b) Valor predictivo negativo (VPN):

Proporción de sujetos con el tubo de doble luz izquierdo mal colocado, según el patrón de referencia, en el total de sujetos con resultado negativo de la prueba experimental. Es la probabilidad condicionada de que un sujeto de este grupo, con resultado negativo en la prueba, tenga el tubo de doble luz izquierdo en posición incorrecta:

$$VPN = D / (C+D)$$

Una vez calculada la eficacia, para conocer la probabilidad de tener el tubo de doble luz izquierdo en posición satisfactoria, se calculó el cociente de probabilidad positivo o razón de verosimilitud positiva (Likelyhood ratio) a partir de dos proporciones:

- La proporción de diagnósticos positivos con la prueba a estudio en los pacientes con el tubo de doble luz izquierdo bien colocado, que equivale a la sensibilidad (S).

MATERIAL Y METODOS

- La proporción de diagnósticos positivos con la prueba estudio, en los pacientes con el tubo mal colocado. Es decir, los falsos positivos, que serían aquellos con mal posición del tubo de doble luz izquierdo que no obtienen un resultado negativo en la prueba a estudio. También equivale a 1-especificidad (E).

$$\text{Cociente de probabilidad positivo} = S / (1-E)$$

De la misma forma, calculamos también el cociente de probabilidad negativo a partir de las siguientes proporciones:

- La proporción de pacientes con tubo de doble luz izquierdo en posición satisfactoria cuya prueba a estudio dio un resultado de mal posición (falsos negativos (1-S))
- La proporción de pacientes con resultado de mal posición en la prueba a estudio con el tubo de doble luz izquierdo mal colocado (verdaderos negativos), que equivale a la especificidad (E)

$$\text{Cociente de probabilidad negativo} = (1-S) / E$$

Para conocer la precisión de todos los índices, se calculó el intervalo de confianza del 95% para una proporción. El cálculo de los intervalos de confianza para la sensibilidad, especificidad y valores predictivos se realizó según el método de Wilson⁹⁴. Para los cocientes de probabilidad se empleó el método descrito por Simel⁹⁵.

A continuación, se calculó la odds preprueba (OPre), definida como la prevalencia dividida por su complementario.

$$\text{Odds preprueba} = \text{Prevalencia} / (1-\text{Prevalencia})$$

MATERIAL Y METODOS

Una vez obtenida, se calculó la odds postprueba (OPos) definida como el producto del cociente de probabilidad positivo multiplicado por la odds preprueba.

$$\text{Odds postprueba} = \text{Cociente de probabilidad positivo} \times \text{OPre}$$

A partir de este resultado y siguiendo el mecanismo inverso al usado para obtener la OPre a partir de la prevalencia (probabilidad preprueba), la probabilidad postprueba (PrPos) se calculó dividiendo la odds postprueba entre sí misma más la unidad.

$$\text{Probabilidad preprueba} = \text{prevalencia}$$

$$\text{Probabilidad postprueba} = \text{Opos} / (1 + \text{Opos})$$

La probabilidad postprueba positiva o el valor predictivo positivo permiten responder de forma numérica a la pregunta de si un tubo de doble luz izquierdo está realmente bien colocado cuando la prueba a estudio así lo diagnosticó.

Por último, para comparar la validez de la ecografía pulmonar con la auscultación comparamos sus coeficientes de probabilidad⁹⁶ y los intervalos de confianza del 95% de éstos y de los índices de sensibilidad, especificidad y valores predictivos.

Una vez comparada la validez de ambas pruebas diagnósticas, comparamos el porcentaje de aciertos entre una y otra prueba, definidos como coincidencia con el fibrobroncoscopio en el diagnóstico de la posición del tubo de doble luz izquierdo, tanto si estaba bien, como si estaba mal colocado. Para ello se utilizó el test de McNemar sobre una tabla de contingencia de dos por dos, por tratarse de datos categóricos dicotómicos apareados. Estos cálculos se realizaron con el paquete estadístico SPSS (PASW Statistics® 17.0)

RESULTADOS

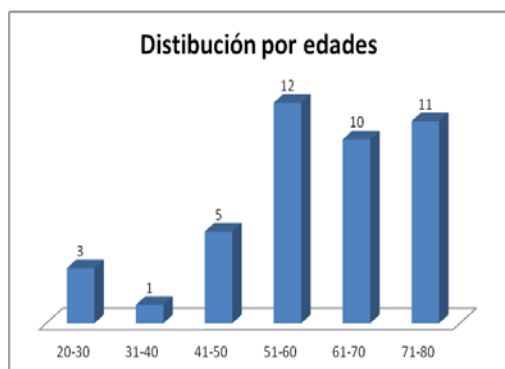
*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

RESULTADOS

1. Descripción de la población a estudio.

Se incluyeron un total de 42 pacientes de los que ninguno abandonó el estudio. La edad media de los pacientes fue de $59,1 \pm 15,2$ años. La distribución por edades se muestra en la gráfica 1.

En la población a estudio hubo una mayor frecuencia de hombres que



Grafica 1. Distribución por edades de mujeres (gráfica.2)



Grafica 2. Distribución por sexo

Los datos antropométricos de la población se reflejan en la tabla 3.

	Talla(cm)	Peso(kg)	IMC(Kg/m ²)
Media	166,7	70,0	25,1
Error típico	1,5	2,4	0,8
Mediana	165,0	71,0	25,2
Moda	165,0	62,0	30,4
Desviación estándar	9,9	15,3	4,9
Mínimo	148,0	38,0	14,8
Máximo	186,0	114,0	34,4

Tabla 3. Talla, peso e índice de masa corporal de los pacientes.

RESULTADOS

El diagnóstico, motivo de la intervención quirúrgica, más frecuente fue el de cáncer de pulmón (50%) seguido del nódulo pulmonar solitario (sin diagnóstico preoperatorio), (26%) La distribución de diagnósticos se representa en el gráfico 3.

Del total de 42 pacientes, 0 (23.8%) presentaban enfisema pulmonar en cualquiera de sus formas: panacinar, paraseptal, centrolobulillar o irregular. (Gráfico 4)

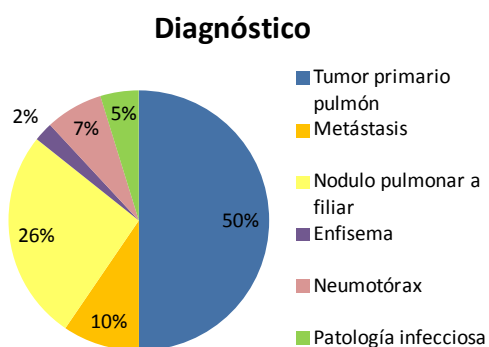


Gráfico 3. Distribución por diagnósticos, motivo de la intervención quirúrgica.

Tasa de pacientes con enfisema

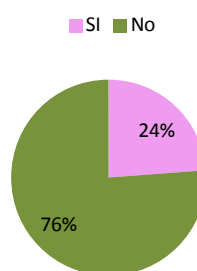


Gráfico 4. Pacientes con y sin enfisema pulmonar.

2. Tubos de doble luz

Todos los pacientes del estudio fueron intubados con un tubo de doble luz izquierdo (TDLI). El tamaño se eligió de acuerdo al protocolo descrito en el apartado de material y método. La distribución por tamaños de los tubos de doble luz, se muestra en el gráfico 5.

Tamaño del TDLI

35F 37F 39F 41F

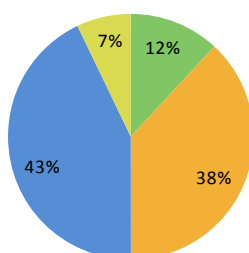


Gráfico 5. TDLI, distribución por tamaños

RESULTADOS

3. Tasa de acierto en la colocación del tubo de doble luz izquierdo y tasa de malposiciones.

Tras la colocación del TDLI a ciegas y tras la realización de las diferentes estrategias para confirmar su colocación e intentar diagnosticar la malposición, la exploración con fibrobroncoscopio confirmó que (Fig 6.):

- a) En un 47.2% (n=20) de los casos el tubo de doble luz izquierdo estaba correctamente colocado
- b) En el 52.8% (n=22) restante existió alguna mal posición que obligó a su recolocación.

La distribución de las mal posiciones fue la siguiente:

- I. En el 26.2 % (n=11) se encontró el tubo de doble luz izquierdo poco progresado, es decir, con el balón bronquial fuera del bronquio principal izquierdo.
- II. En el 23.8 % (n=10) de los pacientes se encontró el tubo de doble luz izquierdo muy progresado, es decir con la punta de la rama bronquial en alguno de las ramas del bronquio principal izquierdo.
- III. En el 2.4% (n=1) restante se encontró el tubo de doble luz izquierdo invertido, es decir, con la rama bronquial en el interior del bronquio principal derecho.

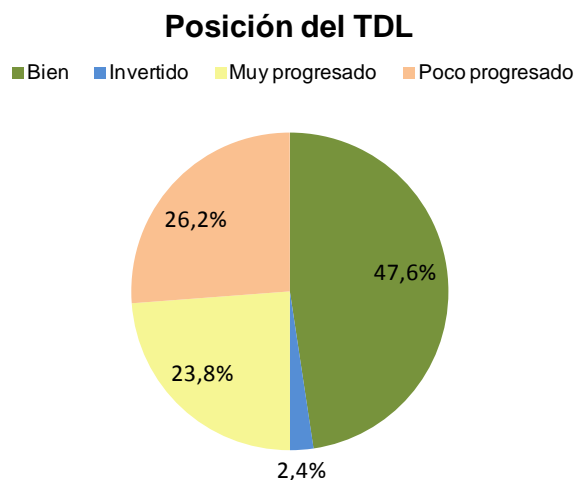


Gráfico 6. Posición del TDLI tras la intubación a ciegas según la exploración con fibrobroncoscopio.

RESULTADOS

4. Variable principal: Validez de la ecografía pulmonar para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo

La validez de la ecografía pulmonar para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo se calculó con los índices de sensibilidad y especificidad y la eficacia se calculó con los valores predictivos positivo y negativo. En la tabla 4 se muestran los resultados del diagnóstico tras la prueba ecográfica comparados con el patrón oro, la fibrobroncoscopia.

		FIBROBRONCOSCOPIA		
ECO PULMONAR		Correcta	Malposición	Total
	Correcta	20	2	22
	Malposición	0	20	20
	Total	20	22	42

Tabla 4. Tabla de 2X2 que compara la ecografía pulmonar con la fibrobroncoscopia.

La sensibilidad de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación fue del 100% (20/20 x 100) con una especificidad del 90.91%.(20/22 X 100) El valor predictivo positivo fue del 90,91% y el valor predictivo negativo del 100%. Los intervalos de confianza de estos valores se recogen en la Tabla 5:

		95 % I.C.	
ECOGRAFIA PULMONAR		Límite inferior	Límite superior
Tasa de tubos bien colocados	47,62%	32,29%	63,38%
Pacientes correctamente diagnosticados	95,24%	82,58%	99,17%
Sensibilidad	100,00%	83.89%	100%
Especificidad	90,91%	72.19%	97.47%
Valor predictivo positivo	90,91%	72.19%	97.47%
Valor predictivo negativo	100,00%	83.89%	100%

Tabla 5. Índices y sus IC_{95%} para valorar la exactitud de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

RESULTADOS

El cociente de probabilidad de un resultado positivo fue de 11, es decir, resultó 11 veces más probable detectar el tubo de doble luz izquierdo bien colocado en los pacientes con dicho tubo en posición correcta que detectar una correcta posición cuando éste estaba mal colocado. Dado que la probabilidad de no detectar un tubo bien colocado fue nula, el cociente de probabilidad negativo resultó ser igual a cero.

La odds ratio preprueba (razón entre pacientes con el tubo correctamente colocado y los que tenían una malposición tras la intubación a ciegas) fue de 0.91. La odds ratio postprueba positiva (razón entre los pacientes con ecografía sugestiva de posición correcta y el tubo bien colocado y de pacientes el mismo resultado pero con una malposición) fue de 10. Dado que ningún paciente con el TDLI correctamente colocado mostró en la ecografía signos de malposición la odds postprueba negativa dio el valor nulo.

Al transformar las odds en probabilidades, el valor de la probabilidad postprueba positiva (tubo de doble luz izquierdo bien colocado) fue del 91% (porcentaje de pacientes con tubo bien colocado tras la ecografía sugestiva de correcta posición) y el de la probabilidad post prueba negativa (tubo mal posicionado) fue del 0% (probabilidad de estar bien colocado si la ecografía sugería que no lo estaba). (Tabla 6)

RESULTADOS

ECOGRAFIA PULMONAR

Odds preprueba	0,91
Cociente de probabilidad positivo (Likelihood ratio test+)	11,0
Cociente de probabilidad negativo (Likelihood ratio test-)	0,0
Odds post prueba positiva	10,0
Probabilidad post prueba positiva	90,91%
Odds post prueba negativa	0,0
Probabilidad post prueba negativa	0,0%

Tabla 6. Razones, cocientes y probabilidades de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

5. Variables secundarias:

5.1. Exactitud de la auscultación pulmonar para detectar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo

De la misma forma que para la ecografía pulmonar, se calcularon los índices de la auscultación pulmonar para detectar si la colocación del TDLI fue la apropiada, comparándolo con la exploración con fibrobroncoscopio (Tabla 7).

		FIBROBRONCOSCOPIA		
		Correcta	Malposición	Total
AUSCULTACION PULMONAR	Correcta	19	8	27
	Malposición	1	14	15
	Total	20	22	42

Tabla 7. Tabla de 2X2 que compara la auscultación pulmonar con la fibrobroncoscopia.

RESULTADOS

La sensibilidad de la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI fue del 95% con una especificidad del 63.64%. El valor predictivo positivo fue del 70.37% y el valor predictivo negativo del 93.3%. Los intervalos de confianza de estos valores se recogen en la tabla siguiente (Tabla 8):

AUSCULTACION PULMONAR		95 % I.C.	
		Límite inferior	Límite superior
Tasa de posiciones correctas	47,62%	32,29%	63,38%
Pacientes correctamente diagnosticados	78,57%	62,76%	89,16%
Sensibilidad	95,00%	76,39%	99,11%
Especificidad	63,64%	42,82%	80,27%
Valor predictivo positivo	70,37%	49,66%	85,50%
Valor predictivo negativo	93,33%	66,03%	99,65%

Tabla 8. Índices y sus IC_{95%} para valorar la exactitud de la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

El cociente de probabilidad de un resultado positivo fue de 2.61, es decir, resultó 2.6 veces más probable detectar el tubo de doble luz bien colocado en los pacientes con dicho tubo en posición correcta que detectar una correcta posición con el tubo mal colocado. El cociente de probabilidad negativo fue de 0.08.

La odds ratio preprueba fue, lógicamente, la misma, 0.91. La odds ratio postprueba positiva fue de 2.38. Esto es, la razón entre pacientes con auscultación sugestiva de posición correcta y el tubo bien colocado y de pacientes con auscultación pulmonar (AP) sugestiva de posición correcta con una malposición. La odds postprueba negativa fue de 0.07 (razón entre pacientes con AP negativa y correcta colocación y pacientes con AP negativa con el tubo mal posicionado).

RESULTADOS

Transformando de nuevo las odd en probabilidades obtenemos un valor de probabilidad postprueba positiva (TDL bien colocado) del 70% (porcentaje de pacientes con TDL bien colocado tras la auscultación sugestiva de correcta posición) y de probabilidad post prueba negativa (TDL malposicionado) del 7% (probabilidad de estar bien colocado cuando la AP sugería que no lo estaba).

AUSCULTACION PULMONAR

Odds preprueba	0,91
Cociente de probabilidad positivo (Likelihood ratio test+)	2.61
Cociente de probabilidad negativo (Likelihood ratio test-)	0,08
Odds post prueba positiva	2.38
Probabilidad post prueba positiva	70%
Odds post prueba negativa	0,07
Probabilidad post prueba negativa	7%

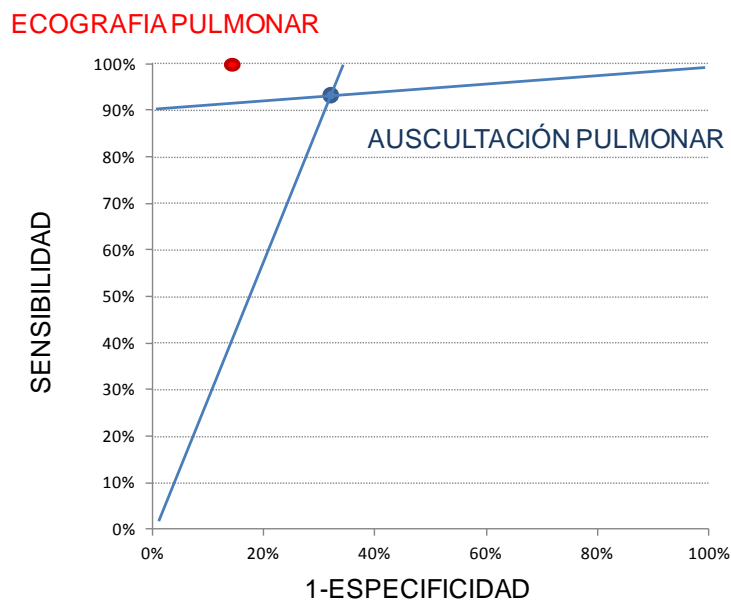
Tabla 9. Razones, cocientes y probabilidades de la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

5.2. Comparación de la auscultación pulmonar y la ecografía como método para detectar la correcta posición el tubo de doble luz izquierdo

La auscultación mostró una sensibilidad del 95% y una especificidad del 63.64%. La ecografía, por su lado, mostró una sensibilidad del 100% con una especificidad del 90.91%. La comparación de sus intervalos de confianza respectivos no alcanzó significación estadística.

RESULTADOS

Los cocientes de probabilidad fueron representados en la siguiente gráfica (Gráfica 7):



Gráfica 7. Comparación del valor diagnóstico de la ecografía pulmonar frente a la auscultación pulmonar para la correcta colocación del TDLI en función de sus cocientes de probabilidad.

En la gráfica se puede observar que el valor diagnóstico de la ecografía pulmonar se muestra superior a la auscultación tanto en pacientes con tubo de doble luz izquierdo bien colocado como para aquellos con alguna mal posición. Los intervalos de confianza fueron los siguientes:

- Ecografía: Cociente probabilidad positivo 11.0, IC_{95%} (2.93 - 41.236)
- Auscultación: Cociente probabilidad positivo 2.61, IC_{95%} (1.49 - 4.58)

5.3. Comparación del porcentaje de aciertos en la posición del tubo de doble luz izquierdo entre la auscultación y la ecografía pulmonar.

El porcentaje de aciertos definido como coincidencia en el diagnóstico de la posición del TDLI con la fibrobroncoscopia fue de un 69.05% para los observadores que utilizaron la auscultación frente a un 95.24% para los que emplearon la ecografía pulmonar (Tabla 10).

RESULTADOS

Se realizó un test de McNemar para comparar datos nominales en muestras apareadas debido a que la tabla de contingencia mostraba dos valores inferiores a 5. El valor de significación (p-valor) para la diferencia entre ambas pruebas fue de 0.003.

		ECOGRAFIA		Total	
		Falso	Verdadero		
AUSCULTACION	Falso	1	12	13	69.05%
	Verdadero	1	28	29	
Total		2	40	42	
			95.24%		

Tabla 10. Tabla 2X2 que compara la ecografía y la auscultación para diagnosticar la posición del TDLI tras la IOT a ciegas.

La diferencia en porcentaje de aciertos entre una y otra prueba fue del 26.19% con un IC_{95%} (9.98%-41.65%).

DISCUSION

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

DISCUSION

Validez y utilidad clínica de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

La sensibilidad y especificidad de la ecografía pulmonar para comprobar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo en los pacientes de nuestro estudio, fueron elevadas. No es fácil determinar cuál es el valor aceptable de estos índices ya que dependen tanto de los objetivos de la prueba como del tipo de patología o condición clínica a estudio. En general, se considera que una prueba tiene un nivel aceptable cuando su sensibilidad y especificidad alcanzan el umbral del 80%. Estos parámetros representan la validez de dicha prueba diagnóstica⁹⁷.

Además de la validez, debe evaluarse cómo se comportará la prueba en diferentes situaciones clínicas⁹⁸. En la práctica, se conocen primero los resultados de las pruebas y a partir de este dato, conviene conocer la probabilidad de que los sujetos sobre los que se han aplicado las pruebas, tengan la enfermedad. Lo mismo ocurre cuando, como en nuestro trabajo, en lugar de una enfermedad se estudia la correcta posición del tubo de doble luz tras su colocación a ciegas. La sensibilidad y la especificidad son valores intrínsecos de la prueba y carecen de utilidad práctica. Por ello, se calculan los valores predictivos positivo y negativo.

El valor predictivo positivo de la ecografía pulmonar también fue alto (90.91%). Representa la probabilidad de tener el TDLI bien colocado cuando así lo informa la prueba ecográfica. Supone decir que los pacientes con una prueba positiva (ecografía sugestiva de colocación correcta) van a tener una probabilidad del 9.1% (100 - 90.91%) de que no esté bien colocado y por tanto, de sufrir algún evento adverso durante el intraoperatorio⁹⁹. Los problemas secundarios a una mala colocación del TDL son, principalmente, la hipoxemia intraoperatoria y la dificultad para conseguir un campo quirúrgico adecuado.

DISCUSION

En nuestro estudio, al no existir falsos negativos, el valor predictivo negativo de la ecografía pulmonar fue del 100%. Representa la probabilidad de que el tubo esté mal colocado cuando la ecografía informa de una malposición. Este valor le otorga a la prueba una gran fiabilidad para detectar las malposiciones, lo que evita el daño asociado a recolocaciones innecesarias y lesiones en la vía aérea secundarias.

Los valores predictivos negativo y positivo dependen de la prevalencia de la enfermedad a estudio, en este caso, de la tasa de colocaciones correctas del TDLI tras la técnica ciega. Cuando esta tasa es elevada, un resultado positivo en la prueba a estudio (TDLI bien colocado) permitirá afirmar con mayor probabilidad que el tubo está bien colocado y por tanto su VPP es mayor. Por ejemplo, si tuviéramos una tasa de colocaciones a ciegas correctas del 75% (en lugar del 47.6% de nuestra serie) el VPP sería de un 96.7%. La probabilidad de sufrir problemas en el intraoperatorio descendería hasta un 3.3% y podría plantearse la posibilidad de no necesitar comprobación con fibrobroncoscopia posterior de forma habitual.

Para evitar la influencia de la prevalencia en los índices y utilizar indicadores que tengan interés en la práctica, se calculan los cocientes de probabilidad (razón de probabilidad, razón de verosimilitud o likelihood ratio)¹⁰⁰. Estos nos dicen cuanto más probable es un resultado positivo o negativo según este bien colocado o no el TDLI y aúnan en un solo valor la información que dan la sensibilidad y especificidad.

Un cociente de probabilidad igual a 1 indica que la probabilidad de que la prueba sea positiva (TDLI bien colocado) es igual en pacientes con TDLI correcto que en pacientes con TDLI malposicionado. Si es mayor que 1 aumenta esta probabilidad y, si es menor, la disminuye. Este parámetro es el que se utiliza para determinar la potencia diagnóstica de la prueba¹⁰⁰. Valores >10 (ó $<0,1$) indican que se trata de una prueba muy potente que apoya (o contradice) fuertemente el diagnóstico; de 5-10 (ó de 0,1-0,2) indican poca potencia de la prueba para apoyar

DISCUSION

(o descartar) el diagnóstico; de 2-5 (ó de 0,2-0,5) indican que la aportación de la prueba es dudosa; y, por último, de 1-2 (ó de 0,5-1) indican que la prueba no tiene utilidad diagnóstica.

El cociente de probabilidad positivo de la ecografía pulmonar fue de 11.0. Es decir, que en los pacientes con el TDLI bien colocado es 11 veces más probable tener una exploración sugestiva de buena colocación que en los que está mal colocado. Dado que la tasa de falsos negativos fue nula, el cociente de probabilidad negativo fue de cero.

El cociente de probabilidad no expresa una probabilidad directa sobre el paciente, sino sobre la prueba. Pero nos permite, también, calcular los cocientes de ventaja (Odds) pre y postprueba a partir de los cuales podemos calcular la probabilidad postprueba positiva y postprueba negativa.

En nuestro estudio la tasa de colocaciones correctas tras la intubación a ciegas correctas o, lo que es mismo, la probabilidad de tener el tubo bien colocado, fue del 47.62%. Tras realizar la ecografía pulmonar, si esta resultaba positiva (informaba de un TDLI bien colocado) la probabilidad de que el paciente tuviera realmente el TDL bien colocado era del 90.91% (PrPos positiva). Si la ecografía informaba de que estaba en posición incorrecta, la probabilidad de que estuviera bien, pasaba a ser nula (0% , PrPos negativa).

Validez y utilidad clínica de la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la correcta colocación del TDLI.

La primera publicación sobre la fiabilidad de la auscultación comparada con el fibrobroncoscopio para colocar los tubos de doble luz es del año 1989¹⁰¹. Schottke-Hennings et al, encontraron, tras la colocación del TDL a ciegas una tasa de posiciones correctas comprobadas con la auscultación de un 76%. Esta tasa se redujo a un 44% cuando se realizó la comprobación con fibrobroncoscopio.

DISCUSION

La tasa de malposiciones no detectadas o de falsos positivos con la auscultación es muy variable en los diferentes estudios publicados porque depende, entre otros factores, de la definición de la malposición.

Para definir las malposiciones, es importante conocer antes el concepto de margen de seguridad de la posición de los tubos de doble luz.

El margen de seguridad de los TDL fue definido por Benumof et al en el año 1987²⁰ tras un estudio realizado sobre cadáveres, pulmones aislados y pacientes vivos. En él se definió como margen de seguridad, la distancia que podía moverse el TDL sin obstruir el lóbulo superior ipsilateral. Calculó dicho margen de seguridad como la distancia obtenida tras restar a la longitud del bronquio principal la distancia entre la punta de la rama bronquial y el borde proximal del balón del manguito bronquial. Para los TDLI la distancia fue de 16-19 mm y para los TDLD entre 1-8 mm dependiendo de los dispositivos. De ahí la recomendación de usar un TDLI siempre que sea posible.

A partir de este estudio se definió la posición anatómica ideal del TDLI que consiste en visualizar el balón bronquial (generalmente de color azul) inmediatamente (5-10mm) tras la unión entre la carina y el bronquio principal. Esta posición es la ideal cuando se coloca el tubo de doble luz con el fibrobroncoscopio.

La auscultación y la ecografía pulmonar son pruebas diagnósticas funcionales y no anatómicas. Una posición del TDL definida por fibrobroncoscopia como no ideal puede, sin embargo no tener ninguna repercusión funcional. Por ello es importante conocer como se definen, en los diferentes estudios, las malposiciones y si ha sido necesario recolocar el TDL para lograr una posición ideal o, por el contrario, se ha retirado unos milímetros para evitar la obstrucción del lóbulo superior o se ha progresado alcanzar el bronquio principal izquierdo. Esto es lo que Brodsky denominó, en contraposición a la posición ideal, como posición satisfactoria¹⁰².

DISCUSION

En el año 2003, Brodsky y Lemmens¹⁰³ publicaron su experiencia retrospectiva de 8 años (1993-2001), tras la colocación de 1170 tubos de doble luz. Con la auscultación, encontraron una tasa de aciertos del 98% y sólo en 58 casos tuvieron que usar el fibrobroncoscopio. En esta serie, solo 71 pacientes (6,8%) necesitaron recolocar el TDL tras la colocación a ciegas. Entre los más de mil pacientes, 55 tuvieron el TDL demasiado progresado en bronquio principal izquierdo lo que fue causa de hipoxemia en 21 de ellos. Por este motivo Brodsky, publicó en el año 2004 un artículo en el que afirmaba que el fibrobroncoscopio aunque muy útil, no era imprescindible para colocar correctamente el TDL¹⁰². En su artículo exponía que los elementos clave para una colocación exitosa eran los siguientes: la experiencia del anestesiólogo, elegir un TDL del tamaño adecuado, utilizar preferiblemente tubos izquierdos y calcular la profundidad del TDL medida desde la comisura labial ajustada a la talla¹⁰⁴. Proponía utilizar, además de la auscultación, otros métodos clínicos para comprobar la correcta posición como, por ejemplo, medir la tensión del balón de neumotaponamiento bronquial tras insuflar 3ml de aire¹⁰⁵.

Sin embargo, la mayoría de las series muestran una tasa de errores tras la colocación a ciegas mucho mayor.

Alliaume et al¹⁰⁶ publicaron un estudio en el que tras realizar la intubación a ciegas y colocar el tubo mediante auscultación e inspección visual del movimiento de la caja torácica, la tasa de recolocaciones tras la fibrobroncoscopia fue del 78% para los TDL izquierdos y del 83% para los TDL derechos. El objetivo de las recolocaciones fue alcanzar la posición ideal.

Smith et al publicaron una tasa de aciertos del método clínico, tras comprobar la colocación con fibrobroncoscopia del 48%¹⁰⁷. Las malposiciones más frecuentes fueron: la herniación del globo de la rama bronquial sobre la carina (tubo poco progresado) y la incapacidad para ver el globo bronquial en el bronquio principal izquierdo (tubo muy progresado).

DISCUSION

Klein U. et al, encontraron que, tras la colocación del TDL a ciegas en 200 pacientes¹⁰⁸ y la comprobación con la auscultación por parte de anestesiólogos experimentados en cirugía torácica, la tasa de malposiciones era del 14%. Este porcentaje fue del 39.5% tras la exploración con fibrobroncoscopio si se buscaba una posición ideal y tan solo del 12.5% de malposiciones denominadas críticas (ponían en riesgo la vida del paciente).

A pesar de esto, la auscultación durante las maniobras de oclusión de las luces traqueal y bronquial, sigue siendo el método más utilizado para comprobar la correcta colocación del TDL¹⁰⁹ si no se dispone de fibrobroncoscopio y también como método de confirmación previo a la exploración con éste.

En nuestro estudio, la sensibilidad y el valor predictivo negativo de la auscultación estuvieron próximos al 100% pero la especificidad y el valor predictivo positivo fueron bajos, y por tanto inaceptables. El cociente de probabilidad positivo fue de 2.6, es decir, fue 2.6 veces más probable detectar el TDLI bien colocado en los pacientes con el tubo en posición correcta que en aquellos con el TDLI mal posicionado. La probabilidad de tener el tubo bien colocado cuando la auscultación lo sugería, fue tan solo del 70%.

Tasa de malposiciones

En nuestro estudio se definieron las malposiciones como aquellas que podían estar ocasionando un trastorno funcional durante la ventilación bi y/o unipulmonar. A pesar de ser tan estrictos, la tasa de recolocaciones fue próxima al 50%. Esto se debió probablemente a que fueron colocados por residentes en formación con escasa o nula experiencia en anestesia para cirugía torácica.

Conocer la tasa de malposiciones es importante para calcular el tamaño muestral y porque influye en los valores predictivos positivo y negativo. Además permite determinar la probabilidad preprueba para compararla con la probabilidad

DISCUSION

posprueba y conocer así la utilidad clínica de los métodos diagnósticos que se desee estudiar.

Comparación de la ecografía pulmonar frente a la auscultación para comprobar la correcta colocación de los TDLI

Desde la popularización de la ecografía pulmonar en el ámbito de la Anestesiología y Reanimación numerosos autores han propuesto el empleo de la misma para confirmar la correcta intubación traqueal con tubo o cánula de traqueostomía^{110,111,112}.

El primer estudio para evaluar la capacidad de la ecografía para predecir la correcta colocación del tubo de doble luz fue publicado en 2010 por Šustić et al⁹³.

Realizaron un ensayo clínico en 50 pacientes adultos sometidos a cirugía torácica que precisara bloqueo unipulmonar con TDL izquierdo. Tras la intubación a ciegas, en el grupo control (25 pacientes) la colocación del TDLI se comprobaba de manera habitual mediante auscultación, capnografía, movimiento del tórax y mediante la percepción manual de la distensibilidad pulmonar. En el grupo experimental (25 pacientes) se añadió una breve (15-30 segundos) exploración ecográfica que consistía en la visualización del movimiento pleural entre 2º y 4º espacio intercostales y la línea media axilar y el movimiento del diafragma entre 7º y 9º espacio intercostal y la línea anterior axilar. Una vez realizada la exploración un investigador ciego comprobaba la posición con el fibrobroncoscopio y se recolocaba el tubo si era preciso.

Tras la colocación a ciegas la tasa de aciertos fue superior al 90% en ambos grupos. Esta se debió, probablemente, a que fue realizada por personal experimentado en cirugía torácica y a que los criterios para definir una malposición por fibrobroncoscopia fueron muy estrictos. En los pacientes con el TDL mal colocado no se encontraron falsos negativos por lo que ambas técnicas mostraron una sensibilidad del 100%. La técnica que incluía la exploración ecográfica mejoró

DISCUSION

en especificidad (de un 22% a un 50%) y en precisión (de un 72% a un 88%) a la convencional.

El segundo estudio que evaluó el papel de la ecografía pulmonar para la colocación del tubo de doble luz fue publicado en Abril de 2015. Alvarez-Díaz et al realizaron un estudio observacional ciego sobre 105 pacientes sometidos a cirugía torácica electiva¹¹³. En este caso, se excluyeron previamente los pacientes que en una exploración basal presentaban parálisis diafragmática y a aquellos en los que no se observaba deslizamiento pleural (en total se excluyeron 25 casos).

En este estudio se realizó la intubación a ciegas y se comprobó mediante método clínico. Ante la sospecha de malposición se permitió hacer tres intentos de colocación mediante auscultación, capnografía, observación de los movimientos torácicos y por la percepción manual de la distensibilidad pulmonar. Posteriormente se hizo la comprobación con ecografía y después con el fibrobroncoscopio.

La sensibilidad del método clínico fue inferior a la de la ecografía (84,5% vs 98,6%). La especificidad fue también algo inferior en el método clínico (41.1%) frente a la ecografía (52,9%) sin que se encontraran diferencias significativas. En este estudio la prevalencia de malposiciones tras intubación a ciegas (y tres intentos de recolocación con el método clínico) fue del 34%. La definición de malposición, sin embargo, fue mucho más flexible que en el estudio anterior. Consideraron malposición la necesidad de mover el TDL al menos 0.5 cm para conseguir una imagen de posición ideal, como por ejemplo, ver el balón de la rama traqueal en la entrada del bronquio principal izquierdo pero sin que asome a carina. Concluyeron que la ecografía mejoraba la sensibilidad pero no la especificidad. Por lo tanto la consideraban una prueba útil para confirmar la correcta colocación pero no para el diagnóstico de la malposición.

Dado que, tanto la auscultación como la ecografía son pruebas funcionales, no pueden diagnosticar malposiciones anatómicas que no tengan repercusión funcional en la ventilación. Otra limitación importante en su estudio fue la exclusión

DISCUSION

de aquellos pacientes que previamente no presentaban un deslizamiento pleural claro en la ecografía pulmonar. Esta exclusión pudo sobrevalorar la capacidad diagnóstica de la ecografía, sobre todo, teniendo en cuenta que no se excluyeron los pacientes que previamente, no tenían un murmullo vesicular claramente audible a la auscultación.

En Agosto de 2015 se publicó el tercer estudio que compara ambas técnicas, también para la colocación del TDLI¹¹⁴. En este caso, Parab SY et al no utilizaron una técnica de referencia sino que definieron criterios funcionales para determinar la correcta colocación. En 35 pacientes utilizaron el método clínico para colocar el TDLI y en otros 35 utilizaron el mismo método y añadieron una exploración ecográfica. Los parámetros para definir la correcta posición fueron los siguientes: una oxigenación adecuada definida por una $pO_2 > 80 \text{ mmHg}$ y la observación directa, por parte de cirujano, del pulmón a intervenir colapsado y sin entrada de aire con la ventilación. Encontraron una sensibilidad algo mayor (75% vs 88%) favorable para la ecografía y una especificidad muy superior (75% vs 18.2%). Sin embargo, aunque los autores consideraron lo contrario, los intervalos de confianza no mostraron diferencias significativas entre ambas pruebas.

En nuestro estudio se consideró malposición a aquellas posiciones anatómicas que muy probablemente tendrían repercusión funcional tanto cuando el tubo se consideró muy progresado, como cuando se considero poco progresado. También se consideró malposición si éste estaba invertido. Los índices de sensibilidad, especificidad y valores predictivos fueron mayores para la ecografía que para la auscultación. El cociente de probabilidad positivo de la ecografía fue de 11 lo que sugiere que es una prueba de gran potencia para detectar la correcta colocación del TDL. El valor para la auscultación fue de 2,6 lo que indica que la prueba es de dudosa utilidad. En la gráfica que relaciona a ambas, la ecografía ocupa un lugar de superioridad frente a la auscultación tanto para confirmar la posición correcta como para detectar una mala colocación. Sin embargo los $IC_{95\%}$ tan amplios no nos permiten afirmar con certeza que estas diferencias no pudieran deberse al azar.

DISCUSION

Sí encontramos significación estadística cuando comparamos la proporción de aciertos para determinar la posición del TDLI cuando estaba bien colocado y cuando no lo estaba.

Durante la auscultación, existen numerosas situaciones clínicas en las que la percepción del murmullo vesicular, otros ruidos respiratorios o la ausencia de estos no significa necesariamente que exista o no entrada de aire en el territorio pulmonar explorado. Los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfisema pulmonar, patología pleural u otras causas, pueden tener muy disminuido el murmullo vesicular. Además es frecuente que los ruidos respiratorios se transmitan de un hemitórax al otro y que la presencia de secreciones o sangre en un pulmón o la tráquea dificulten su interpretación.

La ecografía pulmonar tiene la ventaja de que explora directamente el movimiento pleural y no se ve artefactado por la transmisión de los ruidos. Además también es posible explorar el diafragma para comprobar su movimiento de tal forma que, en aquellos pacientes en los que el deslizamiento pleural no está del todo claro (enfisema, EPOC, pacientes en ventilación mecánica con volúmenes bajos), se puede recurrir a buscar éste.

La principal desventaja de la ecografía frente a la auscultación es que, si existe aire entre la sonda y la pleura, por poca cantidad que haya, no será posible visualizar ésta. Esto ocurre en los pacientes con neumotórax, enfisema subcutáneo o cuando se interpone un tubo pleural.

Aplicabilidad de la ecografía pulmonar en la práctica habitual para confirmar la correcta colocación del TDLI.

La correcta colocación del TDL es clave para el transcurso de la cirugía de resección pulmonar. Permite un adecuado campo quirúrgico y con ello reducir las complicaciones quirúrgicas así como acortar el tiempo de intervención. En cirugía videotoracoscópica es imprescindible un buen bloqueo del pulmón a intervenir.

DISCUSION

Los problemas relacionados con una mala colocación del tubo como un mal vaciado del pulmón o la ventilación del mismo pueden obligar a reconvertir a cirugía abierta. Esto priva al paciente de las ventajas asociadas a esta técnica¹¹⁵: menor sangrado, menor riesgo de infección, menor dolor postoperatorio, menor estrés quirúrgico y alteraciones de la inmunidad postoperatorias, reducción de estancia hospitalaria aproximada de dos días y una recuperación funcional más rápida. Además existe el riesgo asociado de hipoxemia debido al shunt durante el clampaje. La causa más frecuente de hipoxemia intraoperatoria a pesar de altas concentraciones de oxígeno es una posición del TDL incorrecta. Esto condiciona la práctica de la ventilación unipulmonar e incrementa la morbilidad perioperatoria. Kaplan et al analizaron retrospectivamente¹¹⁶ la incidencia de hipoxia cuando se colocaban TDLI y TDLD sin fibrobroncoscopio. Los TDLD se relacionaron con una incidencia mayor de hipoxia perioperatoria por una peor calidad del bloqueo. Además se asociaron a unos niveles de lactato postoperatorios mayores, una mayor incidencia de atelectasias y una mayor estancia hospitalaria.

Confirmar la correcta colocación del TDL es, por tanto, esencial para preparar al paciente para la intervención de resección pulmonar. Debe comprobarse tras la intubación y después de la colocación en decúbito lateral con el hemitórax declive en ligera flexión para exponer mejor el hilio contralateral al cirujano. Los cambios de posición del paciente pueden movilizar el TDL lo suficiente como para que el bloqueo deje de ser efectivo. Por ello es importante contar con un fibrobroncoscopio y un anestesiólogo con experiencia y conocimientos de la anatomía bronquial suficientes para interpretar la posición del TDL a través de la visión directa de ambas luces.

La única alternativa, en ausencia de este, es el método clínico que se basa principalmente en la auscultación, en la inspección, y en la observación de las curvas de presión y la capnografía. Sin embargo, en numerosos trabajos publicados, como ya hemos visto, la tasa de errores de éste método es inaceptable¹⁰⁹.

DISCUSION

Los errores en la colocación aumentan la tasa de recolocaciones y con ello el riesgo de daño en la vía aérea. Este, puede ser menor cuando provoca inflamación o sangrado de la mucosa o puede generar complicaciones catastróficas como rotura bronquial y neumomediastino secundario^{117,118}.

A falta de más estudios, la ecografía pulmonar parece que puede ser superior en sensibilidad y especificidad a la auscultación y podría sustituir a ésta en los algoritmos de oclusión de las ramas ventilatorias para comprobar la colocación del tubo de doble luz así como para diagnosticar las malposiciones y ayudar a recolocar el TDLI hasta una posición óptima. Al igual que la auscultación, puede realizarse en decúbito supino y en decúbito lateral.

Además, en nuestro estudio, la ecografía pulmonar superó a la auscultación en la tasa de aciertos de las posiciones correctas o incorrectas del TDLI. Reconocer el tipo de malposición es esencial para llevar a cabo la recolocación evitando movimientos innecesarios que pueden resultar traumáticos. Según Knoll H et al, la incidencia de lesiones traqueales o de la vía aérea superior tras la colocación de un TDL es del 44%¹¹⁹.

La auscultación del murmullo vesicular y la visión ecográfica del deslizamiento pulmonar o el movimiento diafragmático son valoraciones funcionales. Nos dan una interpretación de la posición del tubo más imprecisa que la visión anatómica por fibrobroncoscopio. La ventaja de colocar el tubo en la posición ideal es que garantiza que pueda soportar pequeños desplazamientos sin que el aislamiento pulmonar se vea afectado.

Aunque es improbable que la ecografía pulmonar pueda sustituir al fibrobroncoscopio, en ausencia de éste es el método más fiable. Los anestesiólogos deben dominar todas las técnicas para garantizar la máxima calidad y la máxima seguridad al paciente durante cualquier procedimiento quirúrgico sobretodo en los de mayor complejidad y que asocian una morbilidad elevada como la cirugía de resección pulmonar.

DISCUSION

La ecografía pulmonar es una prueba indolora, sin riesgos para el paciente y es fácilmente aplicable a pie de cama tanto en decúbito supino como en decúbito lateral. Una vez amortizado el equipo, carece de costes. Aunque es una exploración dependiente del observador existen estudios publicados que indican que la apreciación de signos básicos requiere una curva de aprendizaje de solo unas horas y para el estudio más detallado de patología compleja se requieren periodos de 6 meses a un año^{80,81}. Tiene el inconveniente frente a la auscultación de que el coste de los equipos es mayor y la portabilidad es mucho menor. Sin embargo, en el año 2013 la FDA aprobó el primer dispositivo ecográfico adaptado a un teléfono móvil. Debido a su coste elevado llevará unos años su popularización pero no cabe duda de que llegará, pronto y para todos los especialistas, el tan deseado fonendoscopio ultrasónico.

Limitaciones del estudio

La principal limitación del estudio es el tamaño muestral. 42 pacientes fueron suficientes para definir índices de sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud de la ecografía pulmonar frente a la prueba de referencia pero mostraron intervalos de confianza amplios. Probablemente por este motivo no se encontraron diferencias significativas frente a la auscultación en ninguno de estos índices. Sí se encontraron diferencias en la proporción de aciertos sobre la posición (correcta o incorrecta) del TDLI.

La segunda limitación que presenta el estudio es referente al control de diferentes sesgos. La valoración ciega de las pruebas diagnósticas a estudio (auscultación y fibrobroncoscopia) fue sencilla. Sin embargo no fue posible controlar otras variables que se tienen en cuenta en la práctica habitual como la inspección de los movimientos del tórax o las alarmas del respirador cuando al ocluir los tubos se alcanzaban presiones muy altas y niveles de CO₂ bajos en el capnograma por una malposición.

DISCUSION

Aunque son pruebas fácilmente reproducibles, dependientes del observador y existe la posibilidad de encontrarse con resultados no concluyentes. Por ejemplo, a la auscultación se puede escuchar el murmullo vesicular, tener claro que no escucha nada o dudar de si se oyen ruidos respiratorios o no. Lo mismo ocurre con las imágenes de la ecografía. En ocasiones es posible dudar sobre si hay deslizamiento pleural o no, el modo M no lo aclara y/o además no se visualiza el diafragma. Estos casos no se excluyeron, para evitar un sesgo de exclusión de indeterminados. No se permitió a los observadores escribir, en la hoja de recogida datos, diagnósticos no concluyentes. En el diagnóstico final debían decidir en qué posición de las 4 propuestas estaba el TDLI. De esta forma el resultado sobre la posición puede verse determinado no solo por la información aportada por las pruebas en estudio sino también por el filtro de la interpretación del observador, si bien se utilizó un algoritmo estándar para la decisión final.

La auscultación fue realizada por residentes de 3º y 4º año mientras que la ecografía pulmonar fue realizada por 2 médicos adjuntos con más de 5 años de experiencia (incluyendo cirugía torácica) y más de uno en ecografía pulmonar. Estas diferencias podrían infraestimar la exactitud de la auscultación para confirmar la correcta colocación del TDL o al menos, favorecer a la ecografía en la comparación tanto en las variables de pruebas diagnósticas como en la comparación de proporción de aciertos.

El estudio se realizó para la colocación de tubos de doble luz izquierdos y por tanto los resultados deben tomarse con precaución si se va a realizar la comprobación de tubos de doble luz derechos.

CONCLUSIONES

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

CONCLUSIONES

1. La ecografía pulmonar presentó una alta sensibilidad (100%) y especificidad (91%), así como elevados valores predictivos positivo (91%) y negativo (100%), para detectar la correcta posición de un tubo de doble luz izquierdo.
2. La auscultación pulmonar presentó una alta sensibilidad (95%) y baja especificidad (64%), con un bajo valor predictivo positivo (70%) y un alto valor predictivo negativo (93%), para detectar la correcta posición de un tubo de doble luz izquierdo.
3. La ecografía pulmonar demostró ser superior a la auscultación pulmonar para el diagnóstico de la posición del tubo de doble luz izquierdo, tras su colocación a ciegas.
4. Además, la ecografía pulmonar mostró una eficacia y validez superiores a la auscultación pulmonar para determinar la correcta colocación del tubo de doble luz izquierdo, aunque se precisaría un mayor tamaño muestral para descartar que estas diferencias no se deban al azar.
5. En nuestro medio la tasa de malposiciones tras la colocación a ciegas del tubo de doble luz izquierdo fue del 53%, lo que destaca la importancia de disponer de pruebas válidas y eficaces para su diagnóstico.

BIBLIOGRAFIA

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

BIBLIOGRAFIA

1. Collins VJ. Historia de la anestesiología. En: Collins VJ. Anestesiología, 3ªed., México, Ed. Interamericana S.A., 1996. Pag.3-28.
2. Brodsky JB, Lemmens JM. The history of anesthesia for thoracic surgery. *Minerva Anesthesiol*, 2007; 10: 513-525.
3. Gutiérrez García A, Pardo Gómez G. Parte VIII, Enfermedades quirúrgicas del tórax. En Gutiérrez García A. Cirugía II. 1ªed. La Habana, ECIMEO, 2006. Pag 840-866.
4. Matas R. Intralaryngeal insufflation. *JAMA* 1900; 34:1468-1473.
5. Meyer JA. Unterdruck and Uberdruck, 1904. *Ann Thorac Surg* 1989; 47: 933-938.
6. Benumoff JL. History of anesthesia for Thoracic surgery. En: Benumoff JL *Anesthesia for Thoracic Surgery*, 1ª ed. Philadelphia, WB Saunders Co;1987. Pag 2-14.
7. Fell SC. A history of pneumonectomy. *Chest Surg Clin N Am* 1999; 9: 267-290.
8. O'Dwyer J. Intubation of the larynx. *NY Med J* 1885; 42: 145-147.
9. Baskett TF. Joseph O'Dwyer and laryngeal intubation for croup. *Resuscitation* 2007; 74: 211-214.
10. Cousin MT. A pioneering anesthesiologist, the surgeon Theodore Tuffier. *Ann Chir* 1999; 53: 427-434.
11. Hutson LR, Vachon CA. Dr. Rudolph Matas. Innovator and pioneer in anesthesiology. *Anesthesiology* 2005; 103: 885-889.
12. Kirstein A. Autoskopie des Larynx und der Trachea. *Berl Klin Wchnschr* 1895; 32: 476-8.
13. Jackson C. The technique of insertion of intratracheal insufflation tubes. *Surg Gynecol Obstet* 1913; 17: 507-9.
14. Magill IW. Endotracheal anaesthesia. *Proc R Soc Med* 1929; 22: 83-7.
15. Macintosh RR. A new laryngoscope. *Lancet* 1943; 1: 205.
16. Guedel AE, Waters RM. A new intratracheal catheter. *Anesth Analg* 1928; 7: 238-239.
17. Gale JW, Waters RM. Closed endobronchial anesthesia in thoracic surgery. *J Thorac Surg* 1931; 1: 432-437.
18. Brewer LA III. The first pneumonectomy. Historical notes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 88: 810-826.

BIBLIOGRAFIA

19. Graham AE, Singer JJ. Successful removal of the entire lung for carcinoma of the bronchus. JAMA 1933; 101: 1371-1374.
20. Ohsawa T. Surgery of the esophagus. Arch F Jap Surg 1933; 10: 605-695.
21. Archibald E. A consideration of the dangers of lobectomy. J Thorac Surg 1935;4: 335-351.
22. Magill IW. Anaesthetics in thoracic surgery with special reference to lobectomy. Proc R Soc Med 1936; 29: 643-653.
23. Stephens HB, Harroun P, Beckert FE. The use of curare in anesthesia for thoracic surgery. J Thorac Surg 1947;16: 50-62.
24. García Guasch R, Busquets Bonet J, Flo Forner R. Bloqueadores bronquiales. En: Ramón Moreno, Fernando Ramasco Ed. Manual de anestesia y medicina perioperatoria en cirugía torácica 1ª Ed. Madrid: Ergon 2009. Pag 93-112.
25. Rovenstine EA. Anaesthesia for intrathoracic surgery: the endotracheal and endobronchial techniques. Surg Gynecol Obstet 1936; 63: 325-330.
26. Inoue H, Shohtsu A, Ogawa J, Koide S, Kawada S. Endotracheal tube with movable blocker to prevent aspiration of intratracheal bleeding. Ann Thorac Surg 1984; 37: 497-499.
27. Carlens E. A new flexible double-lumen catheter for bronchspirometry. J Thorac Surg 1949; 18: 742-746.
28. Bjork VO, Carlens E. The prevention of spread during pulmonary resection by the use of a double-lumen catheter. J Thorac Surg 1950; 20:151-157.
29. Bryce-Smith R. A double-lumen endobronchial tube. Br J Anaesth 1959; 31: 274-275.
30. Bryce-Smith R, Salt R. A right-sided double lumen tube. BrJ Anaesth 1960; 32: 230-231.
31. White GM. A new double lumen tube. Br J Anaesth 1960; 32: 232-4.
32. Robertshaw FL. Low resistance double-lumen endobronchial tubes. Br J Anaesth 1962; 34: 576-9.
33. Benumof JL. Fiberoptic bronchoscopy and double-lumen tube position. Anesthesiology 1986; 65:117-118.
34. Smith GB, Hirsch NP, Ehrenwerth. Placement of double-lumen endobronchial tubes. Correlation between clinical impressions and bronchoscopic findings. Br J Anaesth. 1986; 58: 1317-1320.
35. Benumof JL. Double lumen tube position should be routinely determined by fiberoptic bronchoscopy. J Cardiothorac Vasc Anesth 1993; 7: 513-514.

BIBLIOGRAFIA

36. Shulman MS, Brodsky JB, Levesque PR: Fiberoptic bronchoscopy for tracheal and endobronchial intubation with a double-lumen tube. *Can J Anaesth* 1987; 34: 172-173.
37. Campos J. Lung Isolation. En: Slinger P. Principles and practice of anesthesia for thoracic surgery. Nueva York, Springer; 2011. Pag 227-243.
38. Campos JH. Current techniques for lung isolation in adults. *Anesthesiology* 2002; 97: 1295-1301.
39. Benumof JL. Separation of the two lungs: double lumen tube and bronchial blocker intubation. En: Benumof JL Ed. *Anesthesia for Thoracic Surgery*, 2ª ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 1995. Pag 330-389.
40. García-Guasch R, Campos JH, Granell M, Peña JJ. Aplicaciones de los bloqueadores bronquiales en cirugía torácica. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2007; 54: 547-555.
41. Campos JH, Massa FC, Kernstine KH. The incidence of right upper-lobe collapse when comparing a right-sided double-lumen tube versus a modified left double-lumen tube for left-sided thoracic surgery. *Anesth Analg* 2000; 90: 535-540.
42. Fitzmaurice BG, Brodsky JB - Airway rupture from double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13: 322-329.
43. Brodsky, JB, Macario, A, Mark, JBD. Tracheal diameter predicts double-lumen tube size: A method for selecting double lumen tubes. *Anesth Analg* 1996;82: 861-864
44. Hannallah M, Benumof JL, Silverman PM, Kelly LC, Lea D. Evaluation of an approach to choosing a left double-lumen tube size based on chest computed tomographic scan measurement of left mainstem bronchial diameter. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997; 11:168-171.
45. Ramasco Rueda F, Alday Muñoz E, Faura Castillo M, Roses R, Planas Roca. Tubos de doble luz. En: Ramón Moreno, Fernando Ramasco Ed. *Manual de anestesia y medicina perioperatoria en cirugía torácica* 1ª Ed. Madrid: Ergon 2009. Pag 93-112.
46. Brodsky JB, Benumof JL, Ehrenwerth J, Ozaki GT. Depth of placement of left double-lumen endobronchial tubes. *Anesth Analg* 1991; 73: 570-572.
47. Slinger P. Principles and practice of anesthesia for thoracic surgery. Toronto, Ed Springer.2015. p732.

48. Boucek CD, Landreneau R, Freeman JA, Strollo D, Bircher NG. A comparison of techniques for placement of double-lumen endobronchial tubes. *J Clin Anesth* 1998; 10: 557–560.
49. Campos JH. Lung separation techniques. En: Kaplan JA, Thoracic anesthesia 3^o Ed. Elsevier Science 2003. Pag159-173.
50. Alliaume BA, Coddens J, Deloaf T. Reliability of auscultation in positioning modern double-lumen endobronchial tubes. *Can J Anesth* 1992; 39:687-671.
51. Klein U, Karzai W, Bloos F et al. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction with the use of double-lumen tubes for thoracic anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 88:346-351.
52. Pennefather SH, Russell GN. Placement of double lumen tubes – time to shed light on an old problem. *Br J Anaesth* 2000; 84: 308–310.
53. Seymour AH, Prasad B, McKenzie RJ. Audit of double-lumen endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 2004; 93: 525–527.
54. Muñoz Martínez M. Ecografía pulmonar. En: Belda FJ. Ventilación mecánica en anestesia y cuidados críticos. Ed Aran, 2009. Pag 628-675.
55. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Ruby, J. Comparative Diagnostic Performances of Auscultation, Chest Radiography, and Lung Ultrasonography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology* 2004 10:9-15.
56. Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med* 2011; 37:1488-1493.
57. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997. 156:1640-1646.
58. Rajan G. Ultrasound lung comets: A clinically useful sign in acute respiratory distress syndrome/acute lung injury. *Crit Care Med* 2007; 35: 869-870
59. Mathis G. Thoraxsonography. Part II: Peripheral pulmonary consolidation. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:1141-1153.
60. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*, 2004; 30: 276-281
61. Lichtenstein, D., G. Meziere, and J. Seitz, The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest* 2009; 135:1421-1425.

62. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A et al. Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 2005; 128: 1531-1538.
63. Reissig A, Heyne JP, Kroegel C. Sonography of lung and pleura in pulmonary embolism: sonomorphologic characterization and comparison with spiral CT scanning. *Chest* 2001; 120: 1977-83.
64. Boote EJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in US: Doppler US techniques: concepts of blood flow detection and flow dynamics. *Radiographics* 2003; 23:1315-1327.
65. Görg C, Seifart U, Görg K, Zugmaier G. Color Doppler sonographic mapping of pulmonary lesions: evidence of dual arterial supply by spectral analysis. *J Ultrasound Med* 2003; 22:1033-1039.
66. Joyner CR Jr, Herman RJ, Reid JM. Reflected ultrasound in the detection and localization of pleural effusion. *JAMA* 1967 ; 200: 399-402.
67. Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, Tostivint I, Mezière G. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 1999 ;25: 955-958.
68. Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, Dorffner R, Hörmann MF, Grabenwöger F. Quantification of pleural effusions: sonography versus radiography. *Radiology* 1994; 191: 681-684.
69. Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, Pacht J. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2006 ;32: 318-321.
70. Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999; 25: 383-388.
71. Reissig A, Kroegel C. Accuracy of transthoracic sonography in excluding post-interventional pneumothorax and hydropneumothorax. Comparison to chest radiography. *Eur J Radiol* 2005. 53: 463-470.
72. Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, La Sala M, Silveri NG. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 2008;133: 204-211.
73. Tocino IM, Miller MH, Fairfax WR. Distribution of pneumothorax in the supine and semirecumbent critically ill adult. *AJR Am J Roentgenol* 1985; 144: 901-905.
74. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 1995;108:1345-1348.

BIBLIOGRAFIA

75. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med.* 2000;26: 1434-1440.
76. Šustić A, Protić A, Cicvarić T, Župan Z. The addition of a brief ultrasound examination to clinical assessment increases the ability to confirm placement of double-lumen endotracheal tubes. *Journal of Clinical Anesthesia* 2010; 22: 246-249
77. Lichtenstein, D.A., Lascols N, Prin S, Mezière G. The "lung pulse": an early ultrasound sign of complete atelectasis. *Intensive Care Med* 2003; 29: 2187-2192.
78. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A et al., American College of Chest Physicians/La Societe de Reanimation de Langue Francaise statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest* 2009; 135: 1050-1060.
79. Education E.F.o.S.f.U.i.M. Practical Standards Committee, and Biology, Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound. *Ultraschall Med* 2006; 27: 79-105.
80. Muñoz Martínez M, Alday Muñoz E. Ecografía pulmonar el nuevo inquilino. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación* 2015; 6:301-304.
81. Young P , Finn BC , Bruetman JE ,Emery JDC , Buzzi A. William Osler (1849-1919): the man and his descriptions. *Rev Med Chile* 2012; 140: 1218-1227.
82. Slinger P, Suissa S, Triolet W: Predicting arterial oxygenation during one lung anaesthesia. *Can J Anaesth* 1992; 39:1030–1035.
83. Slinger P, Triolet W, Wilson J: Improving arterial oxygenation during one lung ventilation. *Anesthesiology* 1988; 68:291–295
84. Hurford WE, Alfille PH: A quality improvement study of the placement and complications of double-lumen endobronchial tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993; 7:517–20
85. Guenoun T, Journois D, Silleran-Chassany J, et al. Prediction of arterial oxygen tension during one-lung ventilation: analysis of preoperative and intraoperative variables. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002; 16: 199-203
86. Karzai W, Schwarzkopf K. Hypoxemia during one lung ventilation: prediction, prevention, and treatment. *Anesthesiology* 2009; 110:1402-1411.

87. Inoue S, Nishimine N, Kitaguchi K, Furuya H, Taniguchi S. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 2004; 92: 195-201.
88. Merli G, Guarino A, Della Rocca G, Frova G, Petrini F, Sorbello M, Coccia C, in cooperation with SIAARTI Studying Group on Difficult Airway. Recommendations for airway control and difficult airway management in thoracic anesthesia and lung separation procedures. *Minerva Anesthesiol* 2009; 75:59-96.
89. Cohen E. Double-lumen tube position should be confirmed by fiberoptic bronchoscopy. *Curr Opin Anesthesiol* 2004; 17:1-6.
90. de Bellis M, Accardo R, Di Maio M, La Manna C, Rossi GB, Pace MC, Romano V, Rocco G. Is flexible bronchoscopy necessary to confirm the position of double-lumen tubes before thoracic surgery? *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:912-916
91. Lwanga SK, Lemeshow S. Sample size determination in health studies. A practical manual. Geneva: World Health Organization, 1991:1-22
92. Martínez González MA, Sánchez Villegas A, Faulin Fajardo J. Bioestadística amigable 2º ed. 2006, Ed Díaz de santos. p919
93. Šustić A, Protic A, Cicvaric T, Zupan Z. The addition of a brief ultrasound examination to clinical assessment increases the ability to confirm placement of double-lumen endotracheal tubes. *J Clin Anesth* 2010; 22:246-249.
94. Newcombe RG. Two-sided confidence intervals for the single proportion: Comparison of seven methods. *Statistics in Medicine* 1998; 17: 857-872
95. Simel DL, Samsa GP, Matchar DB. Likelihood ratios with confidence: sample size estimation for diagnostic test studies. *Journal of Clinical Epidemiology* 1991; 44: 763-770
96. Altman D, Bland JM Statistics Notes: Diagnostic tests 3: receiver operating characteristic plots *BMJ* 1994; 309: 188-190
97. Altman D.G., Bland J.M. Statistics Notes: Diagnostic tests 1: sensitivity and specificity. *BMJ* 1994; 308: 1552
98. Altman D.G., Bland J.M. Statistics Notes: Diagnostic tests 2: predictive values. *BMJ* 1994; 309: 102.
99. Cohen E, Neustein S, Goldofsky S, Camunas JC. Incidence of malposition of polyvinylchloride and red rubber tubes and clinical sequelae. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995; 9:122–127.

100. Dujardin B, Van der Ende J, Van Gompel A, Unger JP, Van der Stuyft P. Likelihood ratios: a real improvement for clinical decision making? *Eur J Epidemiol* 1994; 10: 29-36
101. Schottke-Hennings H, Klippe HJ, Schmieding B. Fiber bronchoscopy as an aid in placing and monitoring double lumen tubes in thoracic anesthesia]. *Anasth Intensivther Notfallmed* 1989; 24:327-33
102. Brodsky JB. Fiberoptic bronchoscopy need not to be a routine part of double-lumen tube placement. *Curr Opin Anesthesiol* 2004;17:7-11.
103. Brodsky JB, Lemmens HJ. Left double-lumen tubes: clinical experience with 1,170 patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2003;17:289–98.
104. Takita K, Morimoto Y, Kemmotsu O. The height-based formula for prediction of left-sided double-lumen tracheal tube depth. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003; 17:412–413.
105. Araki K, Nomura R, Urushibara R, et al. Displacement of the double-lumen endobronchial tube can be detected by bronchial cuff pressure change. *Anesth Analg* 1997; 84:1349–1353.
106. Alliaume B, Coddens J, Deloof T. Reliability of auscultation in positioning of double-lumen endobronchial tubes. *Can J Anesth*, 1992;7:687-90.
107. Smith GB, Hirsch NP, Ehrenwrth J. Placemete of double-lumen endobronchial tubes. Correlation between clinical impressions and bronchoscopic findings. *Br J Anaesth* 1986; 11:1317-20.
108. Klein U, Karzai W, Bloos F, et al. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction with the use of double-lumen tubes for thoracic anesthesia: a prospective study. *Anesthesiology* 1998; 88: 346–50.
109. Slinger P. Anesthetic management for intrathoracic surgery. En: Slinger P. *Principles and practice of anesthesia for thoracic surgery.* Ed Springer.2015 (16):227-246
110. Chun R, Kirkpatrick AW, Sirois M, et al. Where's the tube? Evaluation of hand-held ultrasound in confirming endotracheal tube placement. *Prehosp Disaster Med* 2004;19: 366-369.
111. Hsieh KS, Lee CL, Lin CC, Huang TC, Weng KP, Lu WH. Secondary confirmation of endotracheal tube position by ultrasound image. *Crit Care Med* 2004;32: S374-377.

112. Šustić A. *Role of ultrasound in the airway management of critically ill patients. Crit Care Med* 2007;35:S173-177.
113. Alvarez-Díaz N, Amador-Garcia I, Fuentes-Hernandez M, Dorta-Guerra R. *Comparison between transthoracic lung ultrasound clinical method in confirming the positioning of double –lumen tube in thoracic anesthesia. A pilot study. Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2015;62:305-312
114. Parab SY, Divatia JV, Chogle A. *A prospective comparative study to evaluate the utility of lung ultrasonography to improve the accuracy of traditional clinical methods to confirm position of left sided double lumen tube in elective thoracic surgeries. Indian J Anaesth.* 2015; 59:476-481.
115. Flores RM, Park BJ, Dycoco J, Aronova A, Hirth Y, Rizk NP et al. *Lobectomy by video-assisted thoracic surgery (VATS) versus thoracotomy for lung cancer. J Thorac Cardiovasc Surg* 2009 ;138: 11-18.
116. Kaplan T, Ekmekçi P, Kazbek BK, Ogan N, Alhan A, Koçer Bet al .*Endobronchial intubation in thoracic surgery: Which side should be preferred? Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2015 ;23:842-845
117. Yuceyar L, Kaynak K, Canturk E, Aykac B. *Bronchial rupture with a left-sided polyvinylchloride double-lumen tube. Acta Anaesthesiol Scand* 2003; 47: 622-625
118. Sivalingam P, Tio R. *Tension pneumothorax, pneumomediastinum, pneumoperitoneum, and subcutaneous emphysema in a 15-year-old Chinese girl after a double-lumen tube intubation and one-lung ventilation. J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999; 13:312-315
119. Knoll H1, Ziegeler S, Schreiber JU, Buchinger H, Bialas P, Semyonov K, Graeter T, Mencke T. *Airway injuries after one-lung ventilation: a comparison between double-lumen tube and endobronchial blocker: a randomized, prospective, controlled trial. Anesthesiology.* 2006;105: 471-477.

CONFLICTO DE INTERESES

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

CONFLICTO DE INTERESES

El autor del presente estudio declara no tener ningún conflicto de interés.

ANEXOS

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

ANEXOS

- Anexo 1: Hoja de información al paciente y consentimiento informado
- Anexo 2: Cuaderno de recogida de datos (CRD)
- Anexo 3: Aprobación del estudio por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC)

ANEXO 1

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ

HOJA DE INFORMACION AL PACIENTE

Le invitamos a participar en un estudio clínico para mejorar y ampliar el conocimiento medico y científico a cerca del proceso al que va a ser sometido. (Cirugía de resección pulmonar o lesiones mediastínicas). Para ello necesitamos que usted lea atentamente la hoja de información para que pueda decidir libremente si desea participar en él.

De acuerdo con la Ley de Investigación Biomédica 14/2007, debe saber que su participación en este proyecto es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento, y sin necesidad de dar ninguna explicación o justificación, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento. Ninguna de estas circunstancias va a influir sobre los cuidados médicos que usted reciba en el futuro.

INFORMACION SOBRE EL ESTUDIO

¿En qué consiste el estudio?

Para poder realizarle la intervención quirúrgica prevista es necesario mantener su respiración de forma artificial y bloquear el pulmón que va a ser intervenido. Para ello vamos a colocarle un tubo que tiene dos luces (tubo de doble luz); una luz queda en la tráquea y la otra en un bronquio principal (izquierdo o derecho). De esta forma podemos decidir que pulmón ventilamos (el derecho, el izquierdo o ambos).

Es muy importante asegurar la correcta colocación del tubo de doble luz (TDL) para que luego no tengamos problemas de ventilación durante la intervención. Para ello habitualmente comprobamos la colocación escuchando la ventilación por una y otra luz con un fonendoscopio (auscultación) y después miramos a través de una cámara que se lleva a los bronquios por un sistema de tubos con fibra óptica (fibrobroncoscopio).

El objetivo del estudio es realizar una ecografía pulmonar entre un procedimiento y otro para validar si esta es más o menos eficaz que la

auscultación con fonendoscopio. Es importante que usted sepa que no vamos a tomar ninguna decisión basada en los resultados de la ecografía para recolocar el TDL.

La ecografía pulmonar es una técnica diagnóstica inocua para el paciente. Consiste en colocar una sonda en la pared del torax que lanza un haz de ultrasonidos y nos devuelve una imagen que bien interpretada nos da información (en el caso que nos ocupa) acerca de si hay o no hay movimiento en las pleuras (membranas que recubren los pulmones) o el diafragma (musculo responsable de la ventilación).

¿Qué beneficios tiene participar en el estudio?

Para usted ninguno. No vamos a tener en cuenta los resultados de la exploración ecográfica para tomar ninguna decisión sobre usted. La información recogida como resultado del estudio puede beneficiar a los futuros pacientes que precisen una intervención como la suya y al conocimiento médico en general.

¿Qué riesgos tiene participar en el estudio?

Para usted ninguno. La ecografía es una técnica no invasiva y no dolorosa que se va a realizar una vez esté anestesiado. Además no vamos a tomar ninguna decisión en función de los datos obtenidos durante su exploración. La colocación óptima del TDL se realizará guiada por la visión con fibrobroncoscopio y los resultados de la auscultación.

INFORMACION SOBRE LOS DATOS RECOGIDOS EN EL ESTUDIO

Confidencialidad de los datos

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a su médico del proyecto.

Los datos recogidos, en ningún caso contendrán información que le pueda identificar directamente, como nombre y apellidos, iniciales, dirección, nº de la seguridad social, etc. Los resultados del proyecto serán publicados en revistas especializadas, sin identificar nunca a los pacientes que se han incluido en el proyecto.

Los datos recogidos para el proyecto estarán identificados mediante un código de números correlativos y sólo su médico del proyecto y colaboradores podrán relacionar dichos datos con usted y su historia clínica. Además dicha relación se perderá cuando usted sea dada de alta del hospital. Por este motivo si desea revocar su consentimiento a partir de este momento no será posible hacerlo por no poderse identificar sus datos.

El acceso a su información personal quedará restringido al médico del proyecto/colaboradores, autoridades sanitarias (Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios), al Comité Ético de Investigación Clínica y personal autorizado por el promotor, cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimientos del proyecto, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Ante cualquier duda no dude en contactar con el investigador principal
Dr. Enrique Alday Muñoz
Servicio Anestesiología y Reanimación. Hospital La Princesa
Teléfono: 91 5202270

**ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL
BLOQUEO PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ
CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Nombre del paciente.....

Por la presente declaro que me han sido explicados los objetivos, las características y el motivo del estudio, por el

Dr.....

Por favor marque las siguientes casillas si está de acuerdo con su contenido:

- ☐ He podido preguntar, acerca del estudio, todas las dudas que he tenido. Además, se me ha proporcionado información por escrito y he tenido tiempo suficiente para tomar mi decisión.
- ☐ Estoy de acuerdo en participar en el estudio y sé que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento, durante el ingreso, sin dar explicaciones, y sin que ello repercuta en mis cuidados médicos futuros.
- ☐ Consiento que los investigadores del estudio tengan acceso a mis datos médicos, que serán absolutamente confidenciales. Estos datos podrán ser incluidos, de forma anónima, en las publicaciones que se deriven del estudio.

Firma y fecha
(Paciente)

Firma y fecha
(Médico)

**ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL
BLOQUEO PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ
CONSENTIMIENTO INFORMADO TUTOR LEGAL /FAMILIAR**

Nombre del paciente.....

No está en condiciones de entender el protocolo del estudio por lo que yo,

D..... en calidad

De (testigo/familiar/tutor legal).....

Declaro que me han sido explicados los objetivos, las características y el motivo del estudio, por el

Dr.....

Por favor marque las siguientes casillas si está de acuerdo con su contenido:

- ☐ He podido preguntar, acerca del estudio, todas las dudas que he tenido. Además, se me ha proporcionado información por escrito y he tenido tiempo suficiente para tomar mi decisión.
- ☐ Estoy de acuerdo en que D..... participe en el estudio y sé que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento, durante el ingreso, sin dar explicaciones, y sin que ello repercuta en mis cuidados médicos futuros.
- ☐ Consiento que los investigadores del estudio tengan acceso a sus datos médicos, que serán absolutamente confidenciales. Estos datos podrán ser incluidos, de forma anónima, en las publicaciones que se deriven del estudio.

Firma y fecha
(Testigo/Tutor/Familiar)

Firma y fecha
(Médico)

ANEXO 2

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO PULMONAR
EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

ID

PACIENTE : EDAD años TC TORAX: ENFISEMA si no DIAGNÓSTICO:

SEXO ♂ ♀

TALLA cm

PESO kg



TDL: IZDO DCHO TAMAÑO: 35 37 39 41

VT= 8 mL/Kg	EtCO ₂	Ppico	Complianza	Resistencia	ACP		ECO Pleura		ECO pl 2M		ECO Diafragma		ECO Diaf 2M	
					SD	ID	SD	ID	SD	ID	SD	ID	SD	ID
Dos luces					SD	ID	SD	ID	SD	ID				
Clamp Bronquial					SD	ID	SD	ID	SD	ID				
Clamp Traqueal					SD	ID	SD	ID	SD	ID				
Veredicto					ID	ID	ID	ID	ID	ID				

EXPLORACION FIBROBRONCOSCOPIO: 1 2 3 4 5

LEYENDA: 1 Bien posicionado 2 Invertido 3 Muy progresado
4 Poco progresado



ANEXO 3

*ECOGRAFIA PULMONAR PARA LA VALORACION FUNCIONAL DEL BLOQUEO
PULMONAR EN PACIENTES CON TUBO DE DOBLE LUZ*

COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Madrid, a 16 de octubre de 2012

El **Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario de la Princesa** después de valorar la respuesta a la aprobación condicionada del siguiente proyecto de investigación:

TITULO: Ecografía pulmonar para la valoración funcional del bloqueo pulmonar en pacientes con tubo de doble luz.

Nº de Registro: PI-652

Investigador principal: Enrique Alday (Servicio de Anestesia)

Ponentes: T. Tineo, R. Fernández

Decisión tomada: Aprobación (15-10-12)

Este Comité Ético de Investigación Clínica considera que tanto el proyecto de investigación como la hoja de información al paciente son **ética y metodológicamente aceptables**. Asimismo, considera que los investigadores son competentes para llevar a cabo este proyecto que está enmarcado dentro de las líneas de investigación prioritarias del Hospital Universitario de La Princesa.

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 17 de la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, de

